GRAĐEVINAR

12 ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GODINA XIX PROSINAC 1967



CENTRALNI KOMITET SAVEZA KOMUNISTA HRVATSKE — IZVOĐAČ TEHNIKA ZAGREB

TEHNIKA ZAGREB 1947-1967

»GRAĐEVINAR«

GOD. XIX BROJ 12

SADRŽAJ

»GRAĐEVINAR«

19-И ГОД ИЗДАНИЯ 12 — 1967.

СОДЕРЖАНИЕ

SURADNICI

OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU i UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način,

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 ond. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autori;

fotografije kontrasne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;

popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;

jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocjenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.

RUKOPISI SE NE VRAČAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SR Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller

Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Tek. rač. kod SDK 301-8-2331

Tisak štamparije »Vjesnik« Zagreb

Godišnja pretplata: Za poduzeća N. Din 200 za prvi pretplatni primjerak, te N. Din 100 za svaki daljnji primjerak. Za ostale pretplatnike N. Din 30. Za đake i studente N. Din 12. Za inostranstvo N. Din 150.

Pojedini primjerci: Za DIT N. Din 1,50. Za poduzeća N. Din 20. Za ostale 3 N. Din.

Cijena oglasa: naslovna str. 3000. Omotne 2500. Unutarnje stranice: 1/1 — 2000, 1/2 — 1500, 1/4 — 1000 N. Din. Kod više uzastopnih oglasa dajemo popust, prema dogovoru.

GRAĐEVINAR

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA
I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GOD. XIX 1967

ČLANCI

S NAŠIH I INOSTRANIH GRADILIŠTA

KRATKE VIJESTI

GRAĐEVINAR

GOD. XIX Prosinac 1967 Broj 12

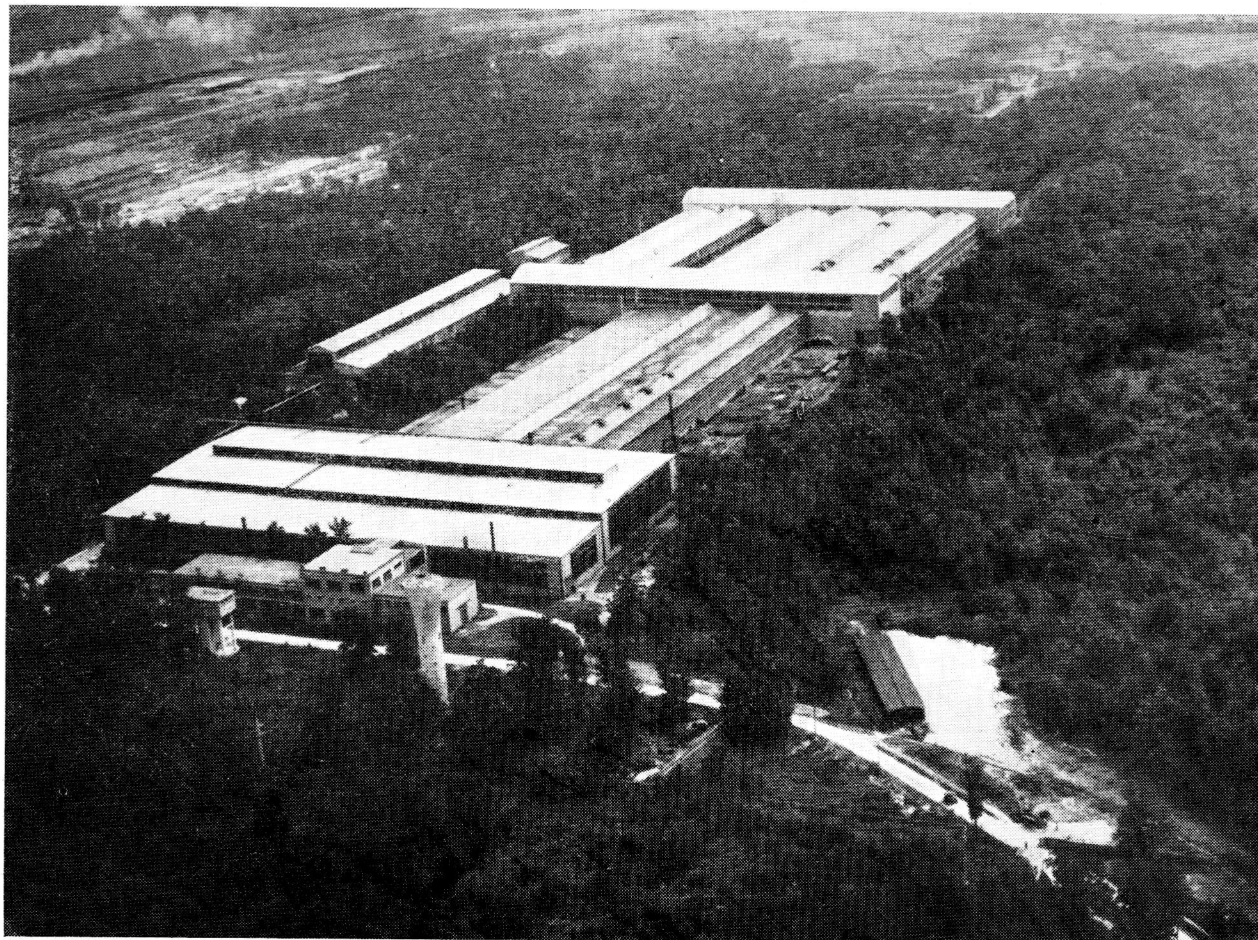
UZ 20-GODIŠNJICU GRAĐEVNOG PODUZEĆA »TEHNIKA« - ZAGREB

Rješenjem tadanjeg Ministarstva građevina NR Hrvatske 1. I 1947. godine osnovana je »Tehnika« poduzeće za industrijsku izgradnju, Zagreb. Osnovni zadatak poduzeća bila je izgradnja industrije, kako čitavih novih tvornica, tako i proširenje već postojećih. Uz izgradnju industrijskih hala poduzeće je gotovo redovito gradilo i prateće objekte niskogradnje i visokogradnje. Osim industrijskih objekata poduzeće je postepeno pristupalo i izgradnji javnih i poslovnih zgrada, škola i rekreacionih centara, poljoprivrednih objekata, saobraćajnica, stambenih zgrada, objekata niskogradnje, zgrada društvenog standarda i raznih ostalih građevina.

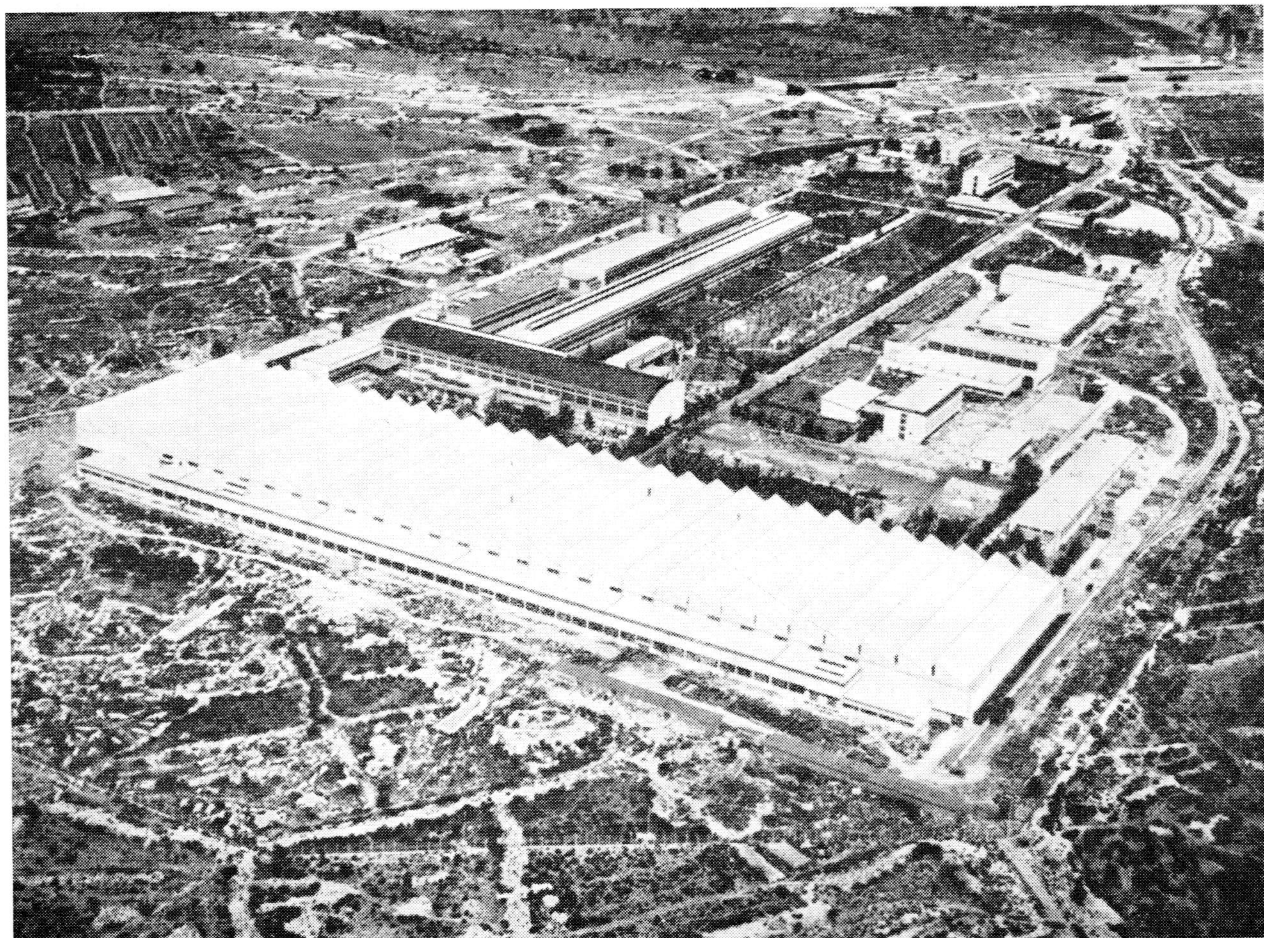
Među prvim poduzećima u zemlji »Tehnika« već 1963. godine preuzima radove u Saveznoj Republici Njemačkoj gdje kontinuirano radi do danas na izgradnji raznih objekata i postizava punu afirmaciju. Tokom 1965 i 1966. godine izgrađuje kompletnu tvornicu cementa u Rabaku, država Sudan. Poduzeće je učlanjeno u Poslovno udruženje INGRA u Zagrebu.

U toku proteklih 20 godina rada »Tehnika« je izgradila ove kompletne nove tvornice:

Željezaru Sisak, Tvornicu lakih metala »Boris Kidrič« Ražine—Šibenik, Organsko kemijsku industriju (OKI) Zagreb, Tvornicu papira Zagreb, Tvor-



Sl. 1: Željezara — Sisak



Sl. 2: Tvornica lakih metala — Ražine

nicu savijenog pokućstva »Florijan Bobić« Varaždin, Tvornicu električnih žarulja (TEŽ) Zagreb, Tvornicu motorkotača Zagreb, Tvornicu stakla Straža, »Fotokemiku« Zagreb, »Zora« tvornicu tekstila u Zagrebu, Automehaničku radionicu Dubrava—Zagreb, Tvornicu ambalaže u Belišću, Tvornicu keksa »Kraš« Zagreb i upravo su pri kraju radovi na izgradnji Tvornice dušičnih gnojiva u Kutini.

Osim kompletnih tvornica poduzeće je s izgradnjom novih objekata proširilo odnosno obnovilo 25 već postojećih tvornica, od kojih su najznačajniji radovi bili u:

Rafineriji nafte Rijeka, Brodogradilištu »3. maj« Rijeka, »Varteks« Varaždin, Tvornici »Đuro Đaković« Sl. Brod, Tvornici električnih uređaja »Rade Končar« Zagreb, »Jedinstvo« tvornica uređaja za prehrambenu industriju Zagreb, »Prvomajska« tvornica alatnih strojeva Zagreb, Tvornici parnih kotlova Zagreb, Tvornici šećera »Boris Kidrič« Županja, Tvornici prehrambenih proizvoda »Podravka« Koprivnica, Tvornici gotove hrane »Sljeme« Zagreb, Tvornici »Požežanka« Sl. Požega i u izgradnji je Zagrebačka pivovara i tvornica slada.

Od elektroprivrednih objekata među ostalim izgrađene su TE II Zagreb, TE Željezare Sisak, a u izgradnji je TE Plomin. Mnogi radovi izvedeni su i na poljoprivrednim objektima. Do danas je izgrađeno 8 silosa s ukupnim kapacitetom od 104.420 tona, a u izgradnji su daljnja 4 silosa ukupnog kapaciteta 37.700 t.

Osim izgradnje silosa izgrađena je Tvornica stočne hrane sa silosima 2 × 600 vagona »Sljeme« Sesvete, zatim vinarski podrumi u Mandićevcu, Visu i Kutjevu ukupnog kapaciteta 885 vagona, skladišta za žito i stočnu hranu u Slavonskoj Požegi, Donjem Miholjcu, Ludini i Jelenskom, peradarska farma u Hrvatskom Leskovcu, pekare u Zagrebu i Sl. Požegi, a sada je u izgradnji Vinarija u Zagrebu.

»Tehnika« je radila i na izgradnji saobraćajnica i objekata niskogradnje, pa je među ostalim izgradila aerodrom Cerklje, pretovarnu luku za rasute terete u Bakru, dionicu autoputa Zagreb—Ljubljana s 5 nadvožnjaka, dionicu ceste Đakovo—Osijek, Zagreb—Bjelovar, Kumrovec—Klanjec, most u Kninu, te ceste, kanalizacije i industrijske kolosijeke u tvornicama koje je izvodila.

Od škola i rekreacionih centara »Tehnika« je u Zagrebu izgradila nove zgrade za fakultete: Veterinarski, Poljoprivredno-šumarski, Filozofski, Strojarsko-brodograđevni, zatim Visoku tehničku školu, Radničko sveučilište »Moša Pijade«, 6 gimnazija odnosno osmoljetki, stadion na Šalati i 4 razna druga objekta.

Do danas izgrađeno je 14 zgrada za ustanove, upravnih zgrada i ostalih objekata društvenog standarda. Od dovršenih objekata treba spomenuti Vijećnicu Skupštine grada Zagreba, Uredsku zgradu Osiguravajućeg zavoda u Zagrebu, Dom Matice iseljenika Hrvatske u Zagrebu i uredsku zgradu »Naftaplina« u Zagrebu.

U izgradnji su zgrada Centralnog komiteta Saveza komunista Hrvatske, Koncertna dvorana i Zgrada pravosuđa.

Od ostalih objekata najznačajniji su bili izgradnja Zagrebačkog Velesajma, zatim Spomenik žrtvama fašizma u Jasenovcu, hotela »International« u Zagrebu, »Istra« na Brionima, objekta na Plitvičkim Jezerima, zgrade PTT u Zagrebu, Dom za stanovanje radnika »Tehnike«, te relejne stanice TV Kalnik i Lička Plješivica, koje su u izgradnji.

Stambene objekte gradilo je poduzeće u Zagrebu, Slavonskom Brodu, Skopju, Šibeniku, Kutini, Popovači i Kutjevu, sa ukupno 4220 stanova.

Upravo se obavljaju pripreme da se prema vlastitim projektima započne izgradnja stanova za tržište u Zagrebu.

»Tehnika« u svom sastavu ima vlastiti Projektni biro, koji se razvio u jednu ozbiljnu organizaciju, koja je u stanju da preuzme sve zadatke s područja visokogradnje, industrogradnje i poljoprivrede.

Do danas od značajnijih projekata, koji su izrađeni u našem birou možemo spomenuti tipske silose S-4000 T, S-5000 T i S-10000 T, te 16 silosa raznih kapaciteta izrađenih prema narudžbama investitora, ukupnog kapaciteta 171.650 t.

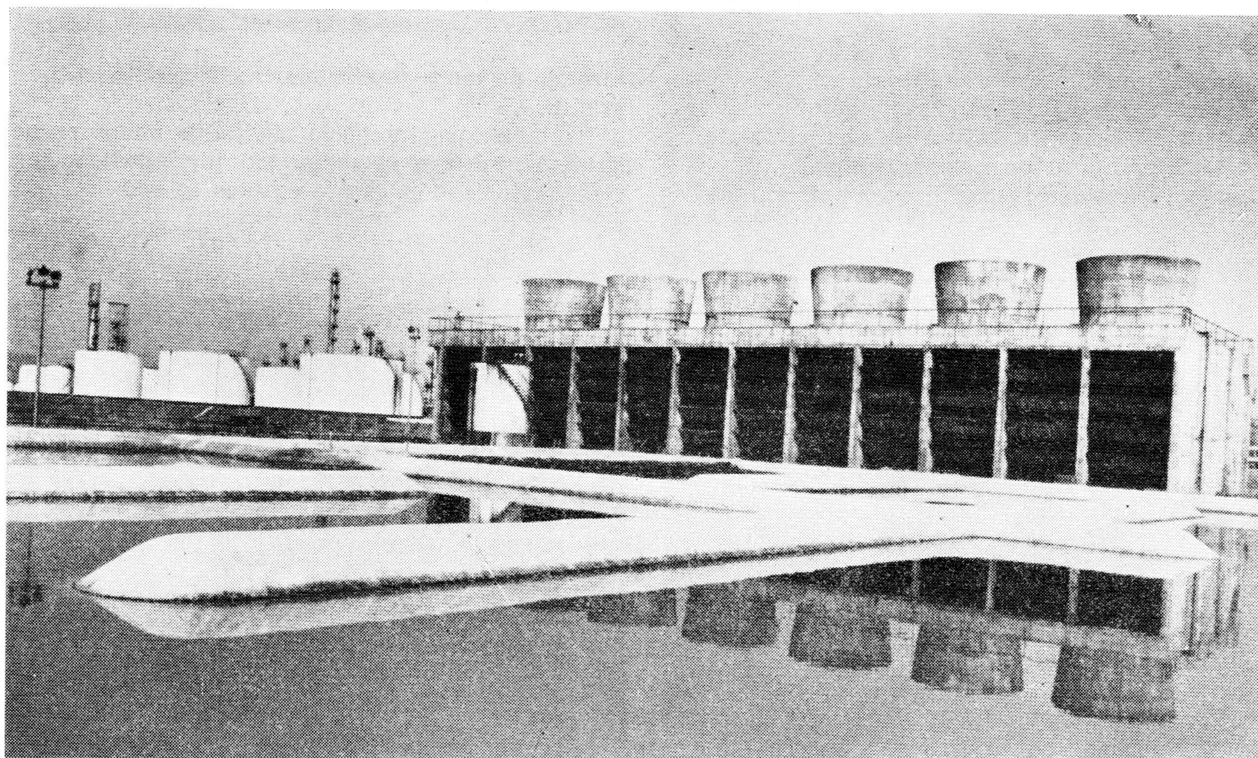
Kompletna rekonstrukcija Prehrambene industrije »Podravka« u Koprivnici, sa ukupno 12 objekata projektirana je u našem birou.

Izrađeno je urbanističko rješenje grupacije stambenih objekata na križanju Beogradske i Držićeve ulice, kao i više stambenih objekata u Zagrebu.

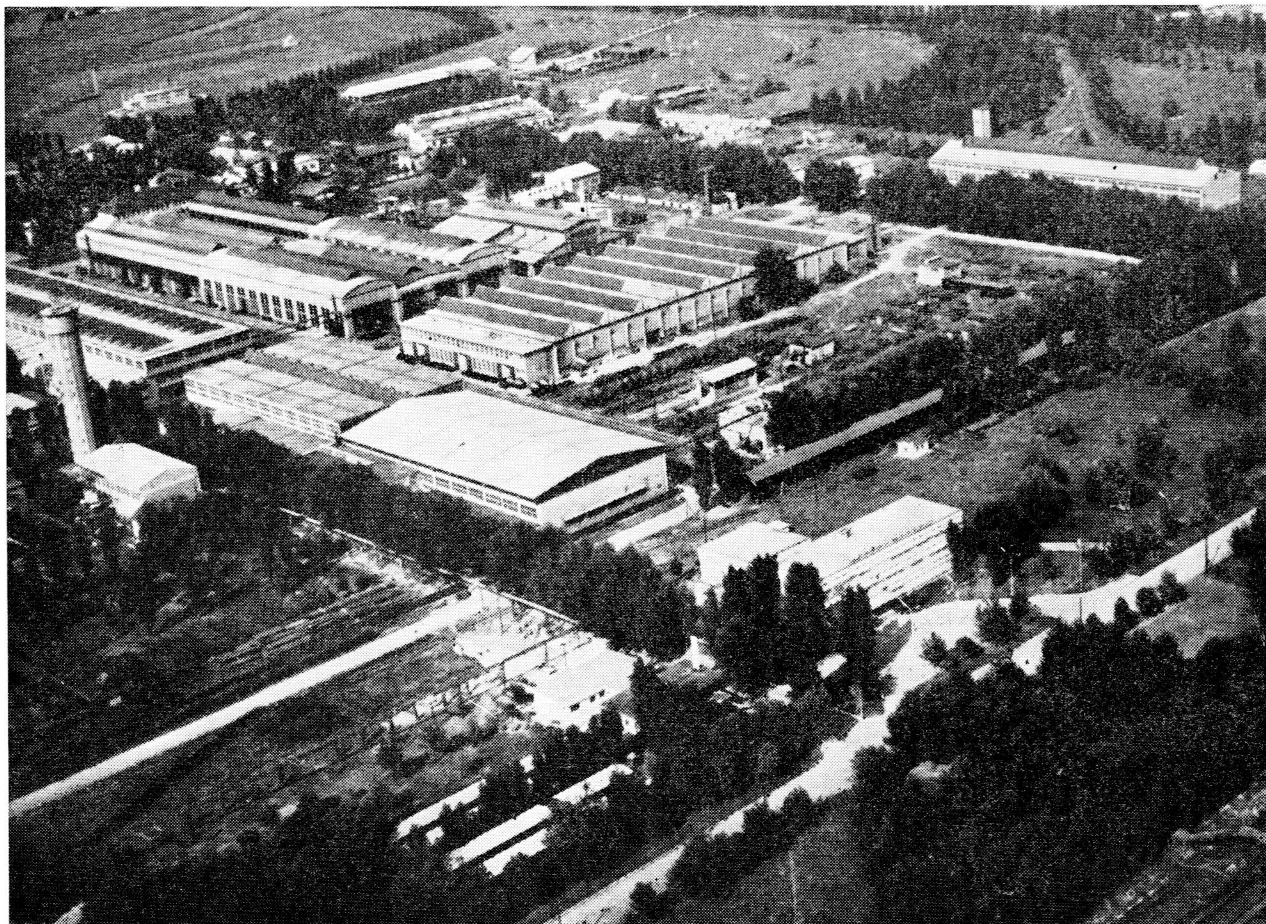
Od ostalih projekata vrijedno je spomenuti Upravnu zgradu tvornice celuloze u Sl. Požegi, Poslovnu zgradu »Naftiplin« u Zagrebu, Dom za stanovanje radnika »Tehnike« u Zagrebu, Motel Plomin, Robnu kuću u Koprivnici, montažne garaže, razna skladišta, tvorničke hale »Risa« i »Kontakta« u Zagrebu, te podna skladišta u Sl. Požegi, Sl. Brodu, Virovitici, Županji i Mostaru. Osim toga izrađeni su projekti za klaonice, mlinove, trafostanice, pumpne stanice, butanske stanice i mazutare.

Poduzeće ima uz ostale i samostalne radne jedinice: vozni park, strojni park s mehaničkom radionom i stolarsku radionu.

Već od osnutka »Tehnici« je povjerena izgradnja ključnih industrijskih objekata iako je 1947. god. imala svega 13 inženjera i 15 tehničara, te nekoliko strojeva trofejnog porijekla naslijeđenih od



Sl. 3: OKI — Zagreb



Sl. 4: »Đuro Đaković« — Slav. Brod

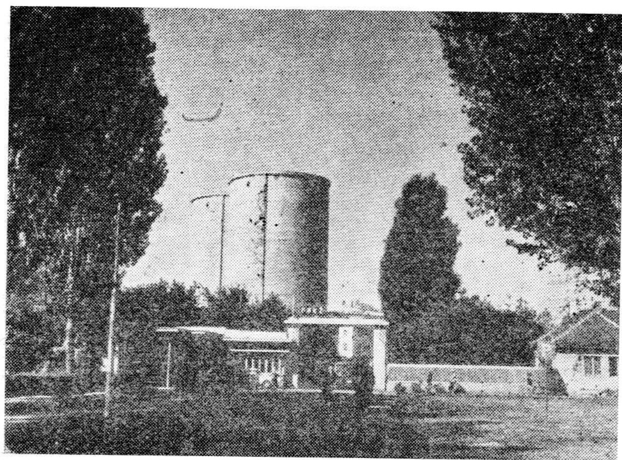
nacionaliziranih poduzeća. Preuzimanjem sve većih i težih zadataka »Tehnika« je pojačavala svoje kapacitete i danas zapošljava 48 inženjera i 90 tehničara. Naročita briga posvećena je nabavci mehanizacije i sredstava za rad, jer bez potrebne mehanizacije ne može se ekonomično, kvalitetno i brzo graditi.

Iz tabelarnog pregleda uočljiv je odnos radne snage i sredstava za rad u zadnjih 7 godina, kao i znatan porast indeksa sredstava za rad.

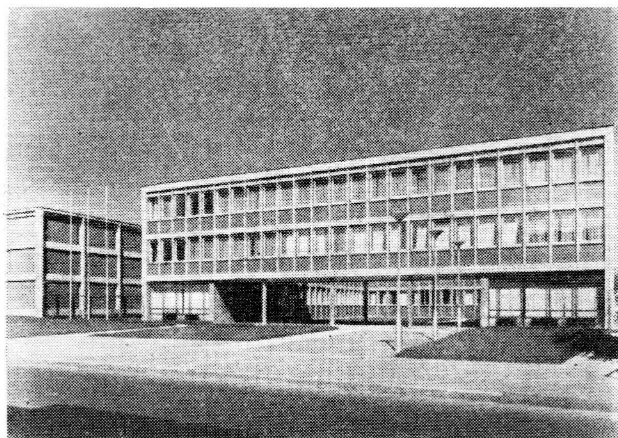
TABELA I

Godina	Sredstva za rad po nab. vrij. u 000 S. Din	Sredstva za rad po sad. vrij. u 000 S. Din	Broj radnika	Sredstva za rad po rad. po nab. vrij. u S. Din	Sredstva za rad po rad. po sad. vrij. u S. Din	Indeks* po nab.	Indeks* po sad.
1960.	1,150.799	604.540	2.738	420.306	220.796	100	100
1961.	1,245.655	614.134	2.729	456.451	225.040	109	102
1962.	1,506.574	747.568	2.832	531.982	263.972	127	120
1963.	1,749.700	840.055	2.921	599.007	287.592	143	130
1964.	2,254.037	1,144.080	3.015	747.608	379.463	178	172
1965.	2,292.400	974.429	2.619	875.296	372.061	208	169
1966.	2,807.078	1,037.611	2.279	1,231.715	455.292	293	206

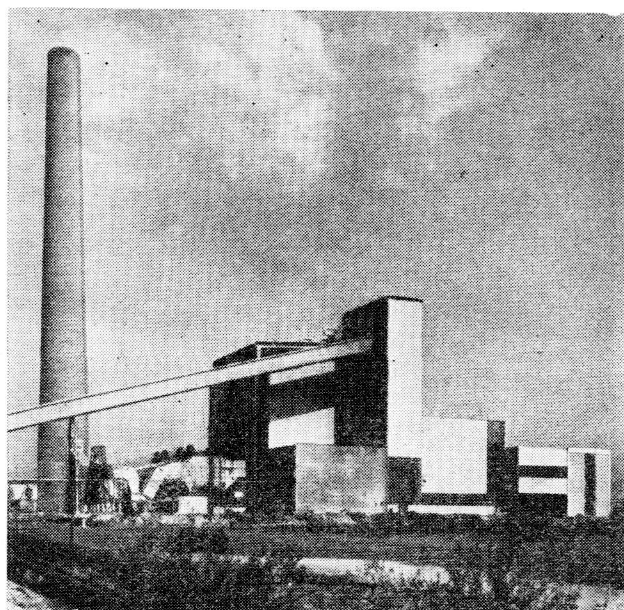
* indeks 100 za 1960. god.



Sl. 5: Tvornica šećera — Županja



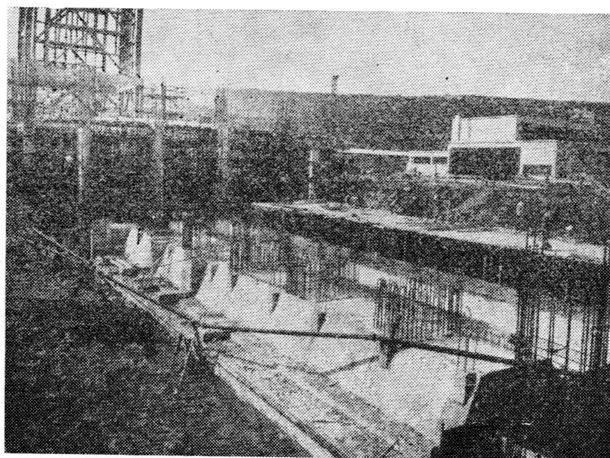
Sl. 6: »Podravka« — Koprivnica, upravna zgrada



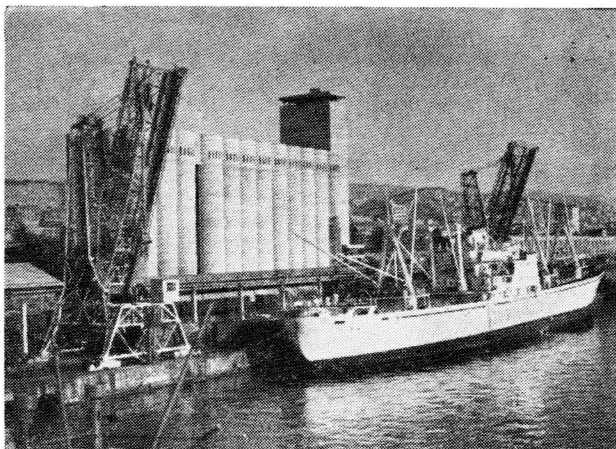
Sl. 7: TE II — Zagreb

U svom 20-godišnjem radu »Tehnika« je izvela priličan broj velikih objekata na kojima su se javljali složeni problemi, od kojih bi naveli samo neke.

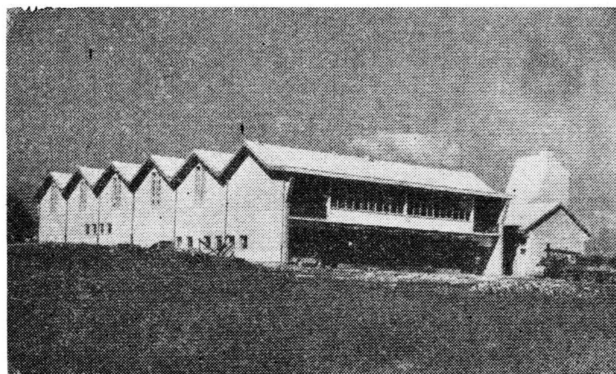
Prilikom izgradnje hale »E« u Tvornici »Rade Končar« prvi puta je kod nas izvedena krovna konstrukcija po sistemu dr Ota Wernera s polumontažnim rešetkastim nosačima raspona cca 22 m



Sl. 8: TE — Plomin, u izgradnji



Sl. 8a: Silos — Rijeka

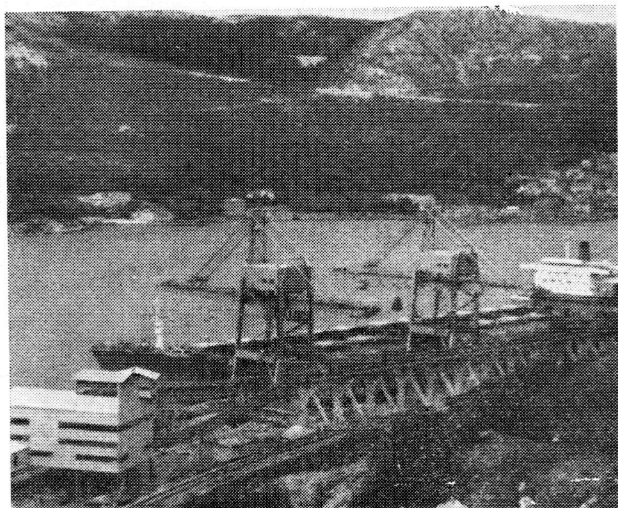


Sl. 9: Vinarija — Mandićevac

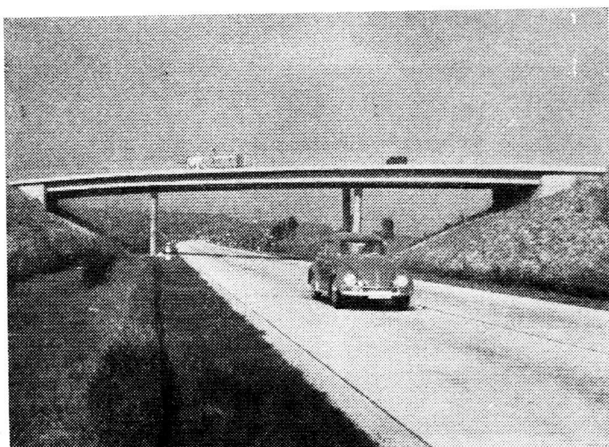
i ljuskama od armiranih stropnih opeka. Za montažu stropa konstrukcije izrađena je pomična skela montirana na kransku stazu hale. U istom objektu izvedena je horizontalna i vertikalna jama za ispi-



Sl. 10: Vinarija — Vis



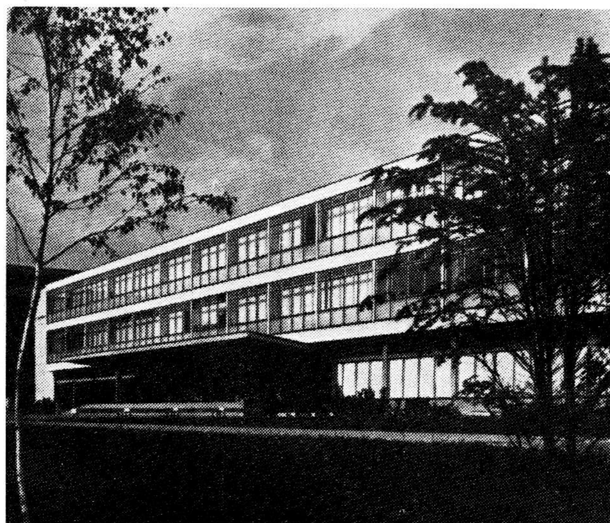
Sl. 11: Luka Bakar



Sl. 12: Dionica Autoputa, s nadvožnjakom



Sl. 13: Zagorska magistrala



Sl. 14: Filozofski fakultet — Zagreb



Sl. 15: Strojarsko-brodograđevni fakultet — Zagreb

tivanje rotora, koja je izvedena pod naročito teškim uslovima uslijed podzemnih voda.

Već 1951. god. na izgradnji valjaonice Željezare Sisak, prema projektima i pod nadzorom Ing. Branka Žeželja izvode se prednapregnuti nosači I profila visine 140 cm i baze širine 40 cm, dužine 28 m. Ukupna površina hale je 72.000 m².

U Tvornici lakih metala u Ražinama najveći objekt jeste valjaonica površine 30.000 m² sa 3 raspona od 25 m i dva aneksa po 12,50 m. Stropna konstrukcija je armirano-betonska rešetkasta konstrukcija na koju su montirani gotovi šedovi sistema »Jugobeton«.

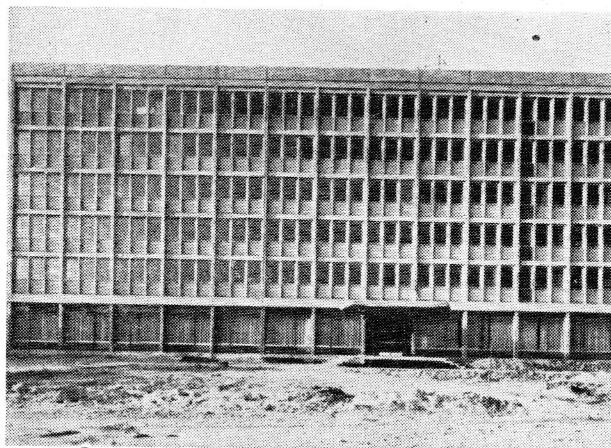
Naročito interesantan zadatak bio je Spomenik žrtvama fašizma u Jasenovcu. U konstruktivnom



Sl. 18: Osiguravajući zavod — Zagreb



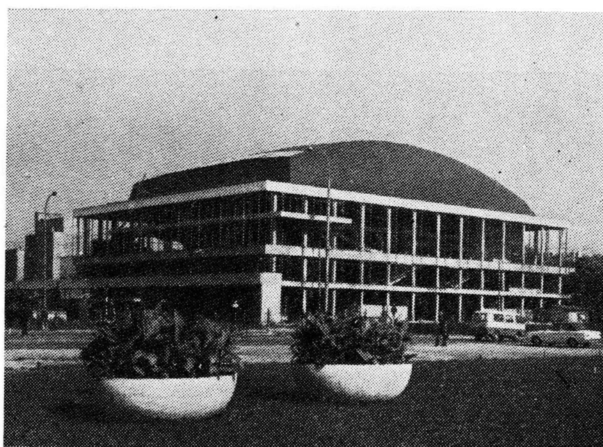
Sl. 16: Radničko sveučilište »Moša Pijade« — Zagreb



Sl. 19: Naftaplin — Zagreb



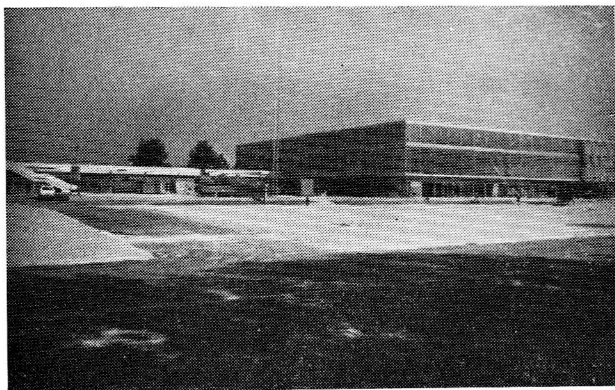
Sl. 17: Vijećnica — Zagreb



Sl. 20: Koncertna dvorana — Zagreb

Sl. 21: Zagrebački Velesajam

smislu objekat se dijeli u tri zasebna elementa i to centralni cvijet sa stablom i centralnim temeljem kao sasvim samostalan statički i izvedbeni sistem. Stablo je od prednapregnutog betona izvedeno na način naprezanja gotovog betona. Rebra su normalni armirani beton, a latice kao armirano-betonska ljuska. Visina stabla je 9 m, a latica 15 m iznad kripte.



Sl. 22: Paviljon SSSR-a na ZV

U Kutini je 1960. godine prvi puta upotrebljena klizna oplata s mehaničkim dizalicama za izvedbu silosa, dok danas upotrebljavamo hidraulične dizalice.

Prilikom izgradnje Luke Bakar obavljana su podmorska betoniranja, s kontraktorom, a svi radovi pod vodom, kao polaganje oplate, armiranja, varenja i miniranja, s roniocima. Za betoniranje temeljnih stupova cilidričnog oblika i glava iznad Benotto stupova, na koje su montirani prednapregnuti nosači, umjesto klasične drvene oplate, izrađena je oplata od armiranog betona. Za izradu stopa podmorskih temelja izrađeni su betonski blokovi težine do 70 tona koji su dizalicama puštani u more.

Poplava u Zagrebu 1964. godine uništila je dio tehničke dokumentacije poduzeća, tako da se danas na žalost ne može dati neki tabelarni pregled izgrađenih objekata kao i njihovih površina, no o veličini i opsegu radova koje je poduzeće izvelo govore i količine utrošenih materijala, isključivo za radove izvedene u našoj zemlji.

TABELA II

Vrsta materijala	Mjera	Utrošak od 1947. do 1967.	Godišnji prosjek	Utrošak u 1967. do 30. 9.
Cement	tona	271.108	13.555	15.526
Opeka	1000/kom	54.971	2.748	1.138
Šljunak	m³	1,049.406	52.470	86.874
Pijesak	m³	179.500	8.975	4.060
Bet. željezo	tona	41.128	2.056	3.108
Drvena građa	m³	93.130	4.654	2.507

Ukupna vrijednost izvedenih radova preračunata na cijene iz 1966. godine iznosi 156 milijardi st. dinara, a radovi u inozemstvu 5 milijardi.

Svakako da su naturalni pokazatelji iz tabele II sigurniji od financijskih.

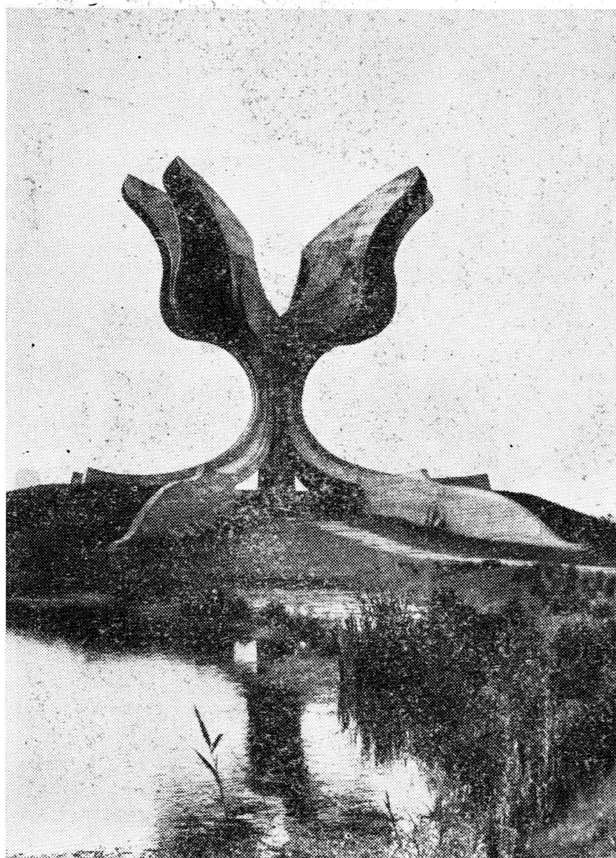
Ako se usporedi prosjek utroška pojedinih materijala u periodu od 20 godina i utrošak za prvih devet mjeseci ove godine, onda je vidljivo da se obujam radova povećao i da su s uspjehom svladane teškoće koje su nastupile privrednom reformom.

Izgradnjom stambenih objekata od betona i s raznim pločama za termičku izolaciju smanjio se znatno utrošak opeke i pijeska. Kolika je ekonomičnost takvog građenja primjer je izgradnja stanova na Kunišćaku, gdje je za 1 m^2 neto površine stana utrošeno svega 22 sata radnika, dok kod sličnih objekata rađenih na klasičan način (zidovi od opeke, unutarnja i fasadna žbuka) potrebno je 40 sati za 1 m^2.

Upotrebom raznih elemenata za oplatu (poduzeće radi s pločama već od 1954. godine) kao i čeličnih cijevi ne samo za skele već i sve vrste podupiranja, zamjenom drvenih greda za podvlake s mosnicama, znatno se smanjio utrošak drvene građe.

Moderna mehanizacija koju danas ima poduzeće utjecala je i na strukturu radnika. Broj zaposlenih u 1947. godini bio je 2100, a u 1966. oko 2500 radnika, a prema naturalnim pokazateljila u 1966. učinilo se oko 60% radova više nego 1947. Osim toga 1947. godine bilo je oko 35% nekvalificiranih, dok ih danas u samoj proizvodnji ima jedva 5%.

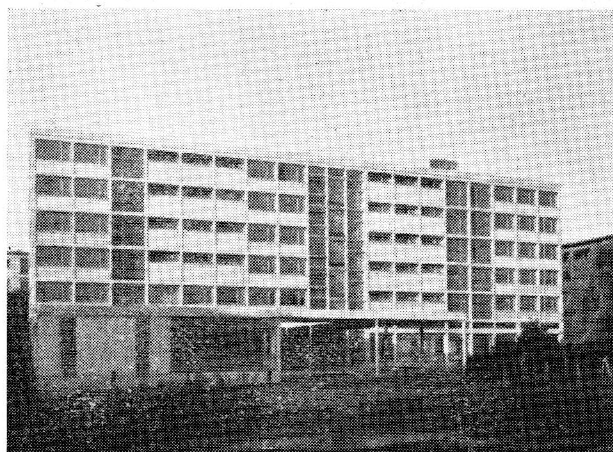
Radna snaga koja je radila na svim zemljoradnjama, unutarnjim transportima, pripremi žbuke i djelomično betona, savijanju željeza itd. zamije-



Sl. 23: Spomenik žrtvama fašizma — Jasenovac



Sl. 24: Hotel International — Zagreb



Sl. 25: Dom za stanovanje radnika Tehnike — Zagreb

njena je danas sa strojevima. Razne, na oko sitne, racionalizacije kao i unapređenje građenja olakšale su uslove rada građevinskih radnika i omogućile podizanje njihovog standarda.

Poduzeće je posvetilo naročitu brigu odgoju kadrova i nastojalo je da putem stipendiranja na



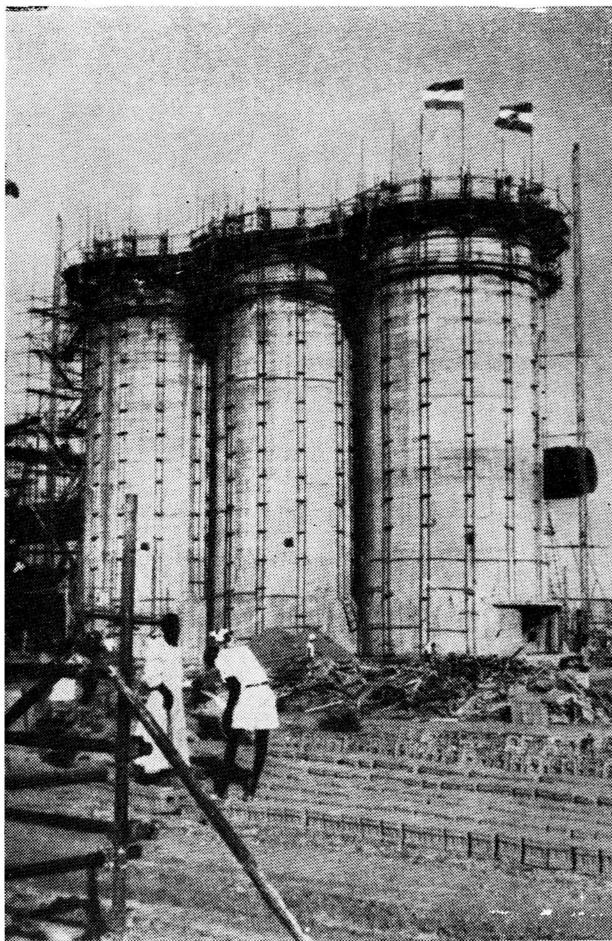
Sl. 26: Stambena zgrada u Ulici proleterskih brigada — Zagreb

fakultetima i srednjim stručnim školama, školovanjem učenika u privredi, stipendiranjem u večernjim školama za odrasle i raznim seminarima za stručno usavršavanje stvori vlastite školovane kadrove za potrebe operative.

U brojkama to izgleda ovako:

Stipendisti fakulteta i srednjih stručnih škola	102
Učenici u privredi	246
Večernje škole za odrasle	98
Tečajevi za priučene radnike	300
Tečajevi za kvalifikacije KV i VKV radnika	804
Tečajevi za strane jezike	78
Razni seminari u DGIT, o HTZ, interni seminari za tehničare i poslovođe, te za članove organa upravljanja, stručne ekskurzije u tuzemstvo i inozemstvo, ferijalna praksa studenata itd.	2911
Seminari i predavanja iz aktuelnih tema masovnog karaktera, kao npr. Ustava i sl.	3000

Organi samoupravljanja za sve vrijeme svoga rada nastojali su da poduzeće vodi pravilnu privrednu politiku s ciljem da stvore snažan i tehnički jak kolektiv, koji može s uspjehom ispunjavati povjerene mu zadatke. Preko svojih komisija rješa-



Sl. 27: Izgradnja tvornice cementa — Sudan



Sl. 28: Hotel u Kronbergu na Taunusu — Savezna Republika Njemačka

vali su pitanja smještaja i prehrane radnika na gradilištima, kulturnog i stručnog unapređivanja i dizanja standarda i mjera zaštite na radu, kao i sve one probleme koji se svakodnevno postavljaju pred kolektiv.

Stručni kolegij poduzeća rješava tehnička pitanja i svojim savjetima odnosno prijedlozima pomaže u radu organima samoupravljanja.

S vlastitim sredstvima poduzeće se razvilo u ovih 20 godina i po stručnim kadrovima i po sredstvima za rad do jednog snažnog radnog kolektiva, koji spada u red vodećih građevnih poduzeća u našoj zemlji, a koji već radi i može preuzeti radove izvan države, gdje i po kvaliteti, po brzini i po solidnosti može da se uspoređuje s jakim poduzećima razvijenijih zemalja.

OBLIK ĆELIJA SILOSA ZA ŽITO S OBZIROM NA TROŠKOVE GRAĐENJA

Ing. Vinko Čandrlić i Ing. Marijan Weisser, »Tehnika« — Zagreb

1. *Uvod*

Ukupni troškovi građenja i eksploatacije silosa zavise od:

— opće strojno-tehnološke koncepcije vezane za određenu lokaciju,
— horizontalne i vertikalne dispozicije objekta,
— tlocrtnog oblika ćelija,
— geotehničkih karakteristika (uslova temeljenja).

U okviru ovog članka analizirat ćemo troškove građenja s obzirom na tlocrtni oblik ćelija silosa i to samo za ćelije uobičajenih oblika (okrugle, osmerokutne, šesterokutne i kvadratne). Analiziranje ostalih troškova zahtijeva posebnu studiju.

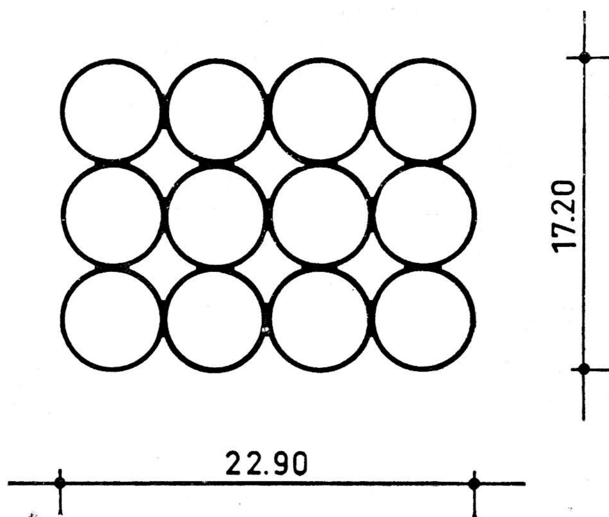
Troškovi izgradnje ćelija za neke silose mogu iznositi 30% i više od ukupne cijene koštanja objekta, pa izboru oblika ćelija treba pridati važnost koja mu i odgovara. Silosi za žito grade se danas najviše iz armiranog betona u monolitnoj izvedbi pomoću klizne oplate. Izvedba montažnih armiranobetonskih i čeličnih silosa se manje primjenjuje, pa ih nećemo razmatrati.

Da bi mogli obaviti što realniju usporedbu, analizirat ćemo pojedine oblike ćelija u grupama s približno jednakim korisnim tlocrtnim površinama, kako se one uglavnom kod nas izvode. Nadalje će se za sve oblike ćelija:

— uzeti minimalna debljina stijenke 15 cm, potrebna prema ruskim iskustvima za sigurnu izvedbu u kliznoj oplati,
— obaviti proračun horizontalnih pritisaka žita prema najnovijim njemačkim propisima DIN 1055, list 6, (god. 1964), uzevši u račun nasipnu težinu žita, prema listu 1 istih propisa,
— obaviti dimenzioniranje presjeka po klasičnoj metodi s dopuštenim naprezanjima prema PTP-3 za beton i armirani beton,
— uzeti beton M-220 ili M-300 zavisno o veličini napona u betonu, te običan građevinski čelik Č-0200 (Č-37).

Na osnovu tih podataka i dobivenih rezultata izračunat ćemo utrošak betona, oplate i armature po m³ korisne zapremine silosa, te na kraju obaviti usporedbe.

S obzirom da se silosi u većini slučajeva ne žbukaju, taj se materijal neće uzeti u obzir, ali je to uvijek lako moguće učiniti kad zatreba, jer su utrošene količine (m^2) jednake količinama klizne oplate.



Sl. 1: Silosna grupa okruglih ćelija

2. *Okrugle ćelije*

Tlocrt silosne grupe prikazan je na sl. 1, a detalj ćelija sa osnovnim mjerama vidi se na sl. 2.

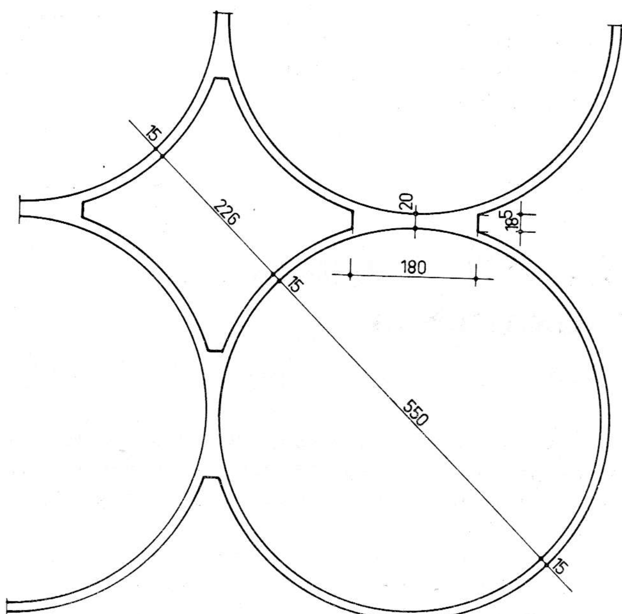
Proračun horizontalnih pritisaka obavit ćemo za slučaj beskonačno duboke ćelije (granična vrijednost pritiska) prema izrazu

$$ph = \frac{\gamma \cdot F}{\mu e \cdot U} = \frac{0{,}80 \cdot 23{,}76}{0{,}325 \cdot 17{,}28} = 3{,}38 \ t/m^2$$

gdje je:

nasipna težina žita $\gamma = 0{,}800 \ t/m^3$
površina okrugle ćelije $F = 23{,}76 \ m^2$

opseg okrugle ćelije U = 17,28 m i tangens kuta trenja žita o stijenke silosa za vrijeme pražnjenja ćelija $\mu e = 0{,}325$.



Sl. 2: Detalj okruglih ćelija

Iako se na mjestima spajanja ćelija javljaju izvjesni momenti savijanja, dimenzioniranje horizontalne armature provest će se na način kako je to uobičajeno, na osnovu vlačne sile u prstenu,

$$Z = \frac{ph \cdot D}{2} = \frac{3{,}38 \cdot 5{,}65}{2} = 9{,}55 \text{ t}$$

s uzimanjem u račun smanjenih dopuštenih naprezanja čelika. Umjesto sa $\delta a = 1800$ kg/cm², računat ćemo sa $\delta a = 1600$ kg/cm².

Zbog mogućnosti usporedbe oblika ćelija, izračunat će se za svaku grupu utrošak betona, oplate i armature za 1 m visine zidova, u zavisnosti od korisnog volumena grupe ćelija s istom visinom prstena.

Korisna zapremina ćelija prema sl. 1 i 2 iznosi

$V = 321{,}66 \text{ m}^3$,

utrošak betona

$B = 31{,}79 \text{ m}^3$,

utrošak oplate

$O = 335{,}17 \text{ m}^2$ i

utrošak armature prema detaljnim planovima savijanja željeza

$A = 1.823{,}16$ kg.

Na 1 m³ zapremine silosa prema tome otpada: betona

$$B = \frac{31{,}79}{321{,}66} = 0{,}0988 \text{ m}^3$$

oplate

$$O = \frac{335{,}17}{321{,}66} = 1{,}042 \text{ m}^2$$

armature $\varnothing < 12$ mm

$$A = \frac{1.823{,}16}{321{,}66} = 5{,}67 \text{ kg.}$$

3. Osmerokutne ćelije

Provest ćemo postupak analogan onom kod okruglih ćelija.

Velika ćelija

Površina

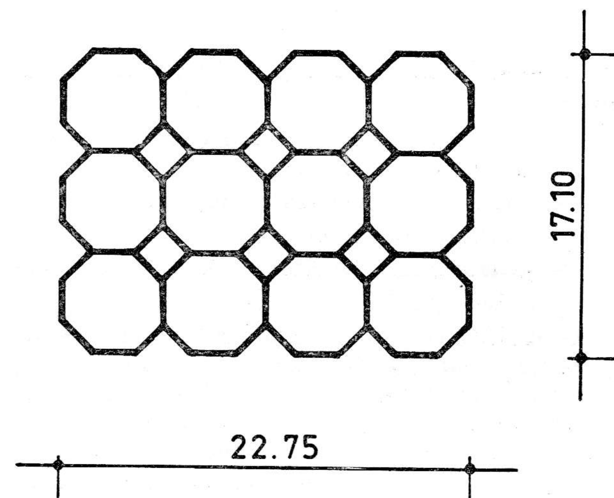
$F = 24{,}94 \text{ m}^2$

Opseg

$U = 18{,}00$ m

Pritisak

$$ph = \frac{0{,}800 \cdot 24{,}94}{0{,}325 \cdot 18{,}00} = 3{,}41 \text{ t/m}^2.$$



Sl. 3: Silosna grupa osmerokutnih ćelija

Momenti u polju

$$Mmax = \frac{ph \cdot a^2}{24} = \frac{3{,}41 \cdot 2{,}34^2}{24} = 0{,}778 \text{ tm}$$

Momenti na ležaju

$$Mmin = -\frac{ph \cdot a^2}{12} = 0{,}778 \cdot 2 = -1{,}556 \text{ tm}$$

Uzdužne vlačne sile

$T = 1{,}205 \cdot ph \cdot a = 1{,}205 \cdot 3{,}41 \cdot 2{,}34 = 9{,}62$ t

Momenti na početku vute

$Mv = -0{,}728$ tm.

Mala ćelija

Površina

$F = 4{,}75 \text{ m}^2$

Opseg

$U = 8{,}40$ m

Pritisak

$$ph = \frac{0{,}800 \cdot 4{,}75}{0{,}325 \cdot 8{,}40} = 1{,}39 \text{ t/m}^2$$

Momenti u polju

$$Mmax = \frac{1,39 \cdot 2,34^2}{24} = 0,317 \text{ tm}$$

Momenti na ležaju

$$Mmin = -2 \cdot 0,317 = -0,634 \text{ tm}$$

Uzdužne vlačne sile

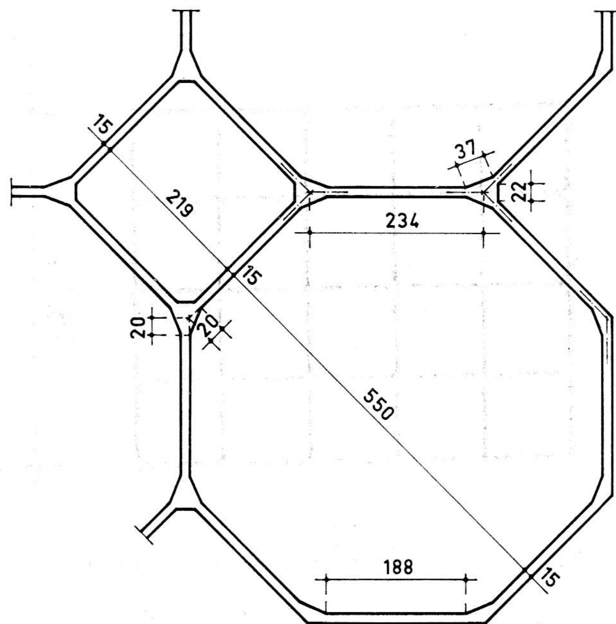
$$T = 0,5 \cdot 1,39 \cdot 2,34 = 1,63 \text{ t}$$

Momenti na početku vute

$$Mv = -0,297 \text{ tm.}$$

Količine betona, oplate i armature

Korisna zapremina baterije ćelija prema sl. 3 i 4 iznosi



Sl. 4: Detalj osmerokutnih ćelija

$V = 327,78 \text{ m}^3$

utrošak betona

$B = 29,13 \text{ m}^3$

utrošak oplate

$O = 354,60 \text{ m}^2$

utrošak armature

$\varnothing \leq 12$ mm

$A_1 = 716,41$ kg

$\varnothing = 14$ mm

$A_2 = 2809,99$ kg

Ukupno armature

$A = 3526,40$ kg.

Na 1 m³ zapremine silosa otpada:

betona

$$B = \frac{29,13}{327,78} = 0,0889 \text{ m}^3$$

oplate

$$O = \frac{354,60}{327,78} = 1,082 \text{ m}^2$$

armature

$\varnothing \leq 12$ mm

$$A_1 = \frac{716,41}{327,78} = 2,19 \text{ kg}$$

$\varnothing = 14$ mm

$$A_2 = \frac{2809,99}{327,78} = 8,57 \text{ kg}$$

Ukupno armature

$A = 10,76$ kg.

4. Šesterokutne ćelije

Površina ćelije

$F = 21,74 \text{ m}^2$

Opseg ćelije

$U = 16,92 \text{ m}$

Horizontalni pritisak

$$ph = \frac{0,800 \cdot 21,74}{0,325 \cdot 16,92} = 3,16 \text{ t/m}^2$$

Momenti u polju

$$Mmax = \frac{3,16 \cdot 3,00^2}{24} = 1,185 \text{ tm}$$

Momenti na ležaju

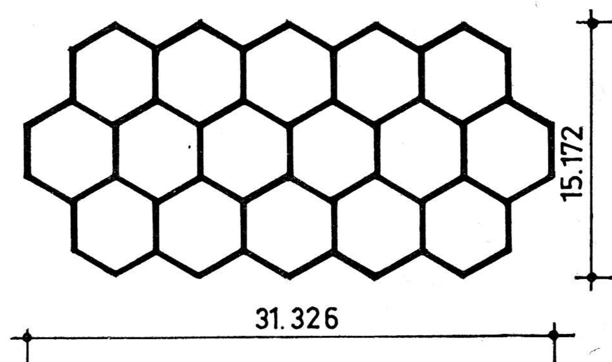
$$Mmin = -2 \cdot 1,185 = -2,370 \text{ tm}$$

Uzdužne vlačne sile

$$T = 0,865 \cdot ph \cdot a = 0,865 \cdot 3,16 \cdot 3,00 = 8,20 \text{ t}$$

Momenti na početku vute

$$Mv = -0,761 \text{ tm.}$$



Sl. 5: Silosna grupa šesterokutnih ćelija

Korisna zapremina ćelija jednaka je $V = 347,84 \text{ m}^3$,

utrošak betona

$B = 33,66 \text{ m}^3$

utrošak oplate

$O = 360,06 \text{ m}^2$

utrošak armature

$\varnothing \leq 12$ mm

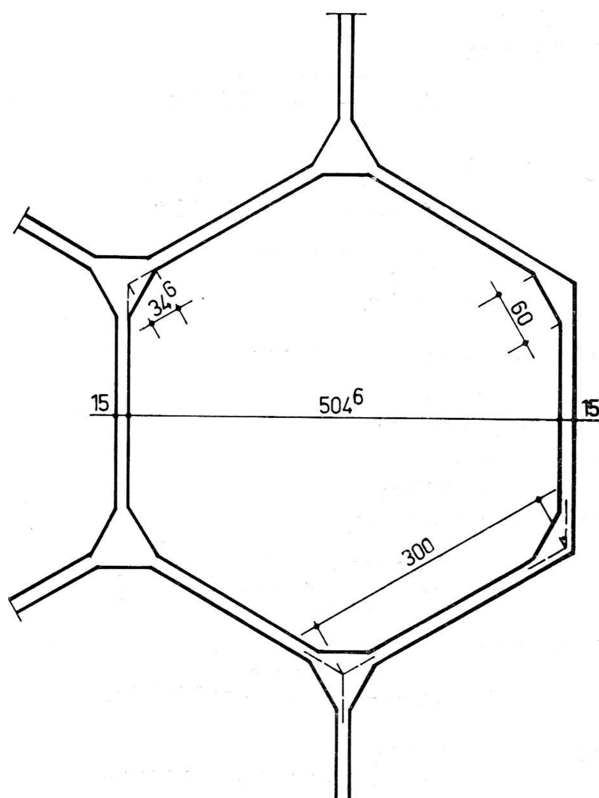
$A_1 = 1297,98$ kg

$\varnothing = 14$ mm

$A_2 = 2688,33$ kg

Ukupno armature

$A = 3986,31$ kg.



Sl. 6: Detalj šesterokutnih ćelija

Na 1 m³ zapremine ćelija dolazi:
betona

$$B = \frac{33,66}{347,84} = 0,0968 \text{ m}^3$$

oplate

$$O = \frac{360,06}{347,84} = 1,035 \text{ m}^2$$

armature
$\varnothing \leq 12$ mm

$$A_1 = \frac{1297,98}{347,84} = 3,73 \text{ kg}$$

$\varnothing = 14$ mm

$$A_2 = \frac{2688,33}{347,84} = 7,73 \text{ kg}$$

Ukupno armature

$$A = 11,46 \text{ kg.}$$

5. *Kvadratne ćelije*

Površina ćelije

$$F = 15,77 \text{ m}^2$$

Opseg ćelije

$$U = 15,20 \text{ m}$$

Horizontalni pritisak

$$ph = \frac{0,800 \cdot 15,77}{0,325 \cdot 15,20} = 2,55 \text{ t/m}^2$$

Momenti u polju

$$\text{Mmax} = \frac{2,55 \cdot 4,15^2}{24} = 1,83 \text{ tm}$$

Momenti na ležaju

$$\text{Mmin} = -2 \cdot 1,830 = -3,66 \text{ tm}$$

Uzdužne vlačne sile

$$T = 0,5 \cdot ph \cdot a = 0,5 \cdot 2,55 \cdot 4,15 = 5,29 \text{ t}$$

Momenti na početku vute

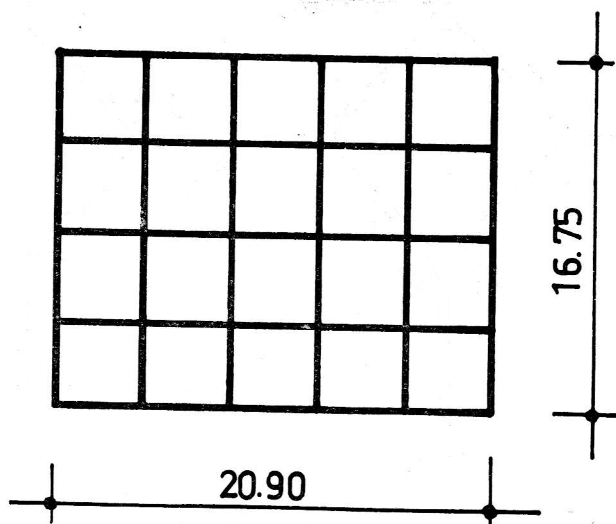
$$\text{Mv} = -1,68 \text{ tm.}$$

Korisna zapremina grupe ćelija iznosi

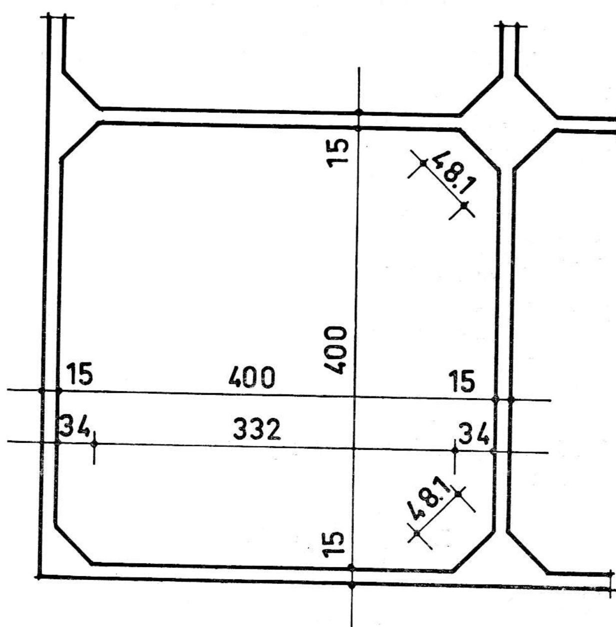
$$V = 315,38 \text{ m}^3$$

utrošak betona

$$B = 34,70 \text{ m}^3$$



Sl. 7: Silosna grupa kvadratnih ćelija



Sl. 8: Detalj kvadratnih ćelija

utrošak oplate

$O = 379{,}30\ m^2$

utrošak armature

$\varnothing \leq 12$ mm

$A_1 = 905{,}07$ kg

$\varnothing = 14$ mm

$A_2 = 3830{,}62$ kg

Ukupno armature

$A = 4735{,}69$ kg.

Na 1 m^3 zapremine silosa otpada:

betona

$$B = \frac{34{,}70}{315{,}38} = 0{,}1100\ m^3$$

oplate

$$O = \frac{379{,}30}{315{,}38} = 1{,}203\ m^2$$

armature

$\varnothing \leq 12$ mm

$$A_1 = \frac{905{,}07}{315{,}38} = 2{,}87\ kg$$

$\varnothing = 14$ mm

$$A_2 = \frac{3830{,}62}{315{,}38} = 12{,}15\ kg$$

Ukupno armature

$A = 15{,}02$ kg.

6. *Troškovi građenja i međusobne usporedbe*

Na osnovu dobivenih rezultata može se napraviti redoslijed oblika ćelija s obzirom na količine materijala koje zahtijevaju pojedini oblici. Ćelije s najmanjim utroškom pojedinog materijala označit ćemo indeksom 100.

Redoslijed prema utrošku betona

— osmerokutne ćelije	$B = 0{,}0889\ m^3$, indeks	100,00
— šesterokutne ćelije	$B = 0{,}0968\ m^3$, "	108,89
— okrugle ćelije	$B = 0{,}0988\ m^3$, "	111,14
— kvadratne ćelije	$B = 0{,}1100\ m^3$, "	123,73

Redoslijed prema utrošku oplate

— šesterokutne ćelije	$O = 1{,}035\ m^2$, indeks	100,00
— okrugle ćelije	$O = 1{,}042\ m^2$, "	100,68
— osmerokutne ćelije	$O = 1{,}082\ m^2$, "	104,54
— kvadratne ćelije	$O = 1{,}203\ m^2$, "	116,23

Redoslijed prema utrošku armature

— okrugle ćelije	A = 5,67 kg indeks	100,00
— osmerokutne ćelije	A = 10,76 kg "	189,77
— šesterokutne ćelije	A = 11,46 kg "	202,12
— kvadratne ćelije	A = 15,02 kg "	264,90

Troškovi građenja

Unaprijed se moramo ograditi od toga da ćemo na osnovu prosječnih cijena, koje ćemo uzeti u račun, dobiti posve tačnu sliku ekonomičnosti pojedinog oblika ćelije. Poznato je da se cijene pojedinih vrsta radova određuju za svaku lokaciju objekta posebno i da ima niz objektivnih i subjektivnih faktora koji utječu na njihovo formiranje. Za odluku, koji ćemo oblik ćelija primijeniti na određenoj lokaciji, dovoljni su nam već izneseni podaci. Ali da se mogu povući izvjesna upoređenja, pokušat ćemo izračunati troškove građenja na bazi prosječnih cijena dobivenih od nekoliko građevnih poduzeća, koja se bave izgradnjom silosa. Zbog jednostavnosti, uzet ćemo jednake cijene pojedinih vrsta radova za sve oblike ćelija, bez obzira što je, na primjer, izrada i polaganje armature za okrugle ćelije jednostavnija negoli za sve druge oblike, dok je izrada oplate za te ćelije složenija. Kod detaljnih analiza cijena svakako bi ove i neke druge momente trebalo uzeti u obzir.

Račun će se provesti s ovim prosječnim jediničnim cijenama:

— beton M-220	280,00 N. Din
— beton M-300	300,00 N. Din
— klizna oplata	38,00 N. Din
— armatura	
$\varnothing \leq 12$ mm	3,65 N. Din
$\varnothing = 14$ mm	2,65 N. Din

Okrugle ćelije

— beton M-220

$0{,}0988\ m^3 \cdot 280{,}00$ N. Din = 27,66 N. Din

— klizna oplata

$1{,}042\ m^2 \cdot 38{,}00$ N. Din = 39,60 N. Din

— armatura $\varnothing \leq 12$ mm

5,67 kg · 3,65 N. Din = 20,70 N. Din

Ukupno = 87,96 N. Din

Indeks = 100,0

Osmerokutne ćelije

— beton M-220

$0{,}0889\ m^3 \cdot 280{,}00$ N. Din = 24,89 N. Din

— klizna oplata

$1{,}082\ m^2 \cdot 38{,}00$ N. Din = 41,12 N. Din

— armatura

$\varnothing \leq 12$ mm

2,19 kg · 3,65 N. Din = 7,99 N. Din

$\varnothing = 14$ mm

8,57 kg · 2,65 N. Din = 22,71 N. Din

Ukupno = 96,71 N. Din

Indeks = 109,9

Šestorokutne ćelije

— beton M-220

0,0968 m^3 · 280,00 N. Din = 27,10 N. Din

— klizna oplata

1,035 m^2 · 38,00 N. Din = 39,33 N. Din

— armatura

$\varnothing \leq 12$ mm

3,73 kg · 3,65 N. Din = 13,61 N. Din

$\varnothing = 14$ mm

7,73 kg · 2,65 N. Din = 20,48 N. Din

Ukupno = 100,52 N. Din

Indeks = 114,3

Kvadratne ćelije

— beton M-300

0,1100 m^3 · 300,00 N. Din = 33,00 N. Din

— klizna oplata

1,203 m^2 · 38,00 N. Din = 45,71 N. Din

— armatura

$\varnothing \leq 12$ mm

2,87 kg · 3,65 N. Din = 10,48 N. Din

$\varnothing = 14$ mm

12,15 kg · 2,65 N. Din = 32,20 N. Din

Ukupno = 121,39 N. Din

Indeks = 138,0

7. *Diskusija*

Pokušali smo brojčanim podacima pokazati kakvi su približni odnosi ekonomičnosti pojedinih oblika ćelija. I do sada je bila poznata činjenica da su okrugle ćelije najjeftinije, četvrtaste najskuplje, a da se osmerokutne i šesterokutne po troškovima građenja nalaze negdje između njih. Možda nije bilo poznato u kojim se relacijama ove međusobne razlike kreću.

Moramo napomenuti da prilikom izbora oblika ćelija pri projektiranju silosa ne treba gledati jednostrano na ovu našu analizu i odlučiti se za pojedini oblik bez kritičkog razmatranja postavki na osnovu kojih je ova analiza provedena. Pored faktora ekonomičnosti, na izbor oblika treba da utiče i faktor sigurnosti protiv pojave naprslina u ćelijama.

Premda su u ovoj analizi svi oblici ćelija dimenzionirani prema istim postavkama iznesenim u uvodu i po uobičajenim postupcima, provedenim za svaki tlocrt posebno, sigurno možemo tvrditi, da nemaju i jednak koeficijent sigurnosti. Poznata je činjenica da je velik broj silosa s okruglim ćelijama svuda u svijetu doživio oštećenja. Fenomen povećanih horizontalnih pritisaka žita za vrijeme pražnjenja ćelija nije još ni danas istražen u dovoljnoj mjeri. Neki autori (Theimer) smatraju da najnoviji DIN 1055, list 6 (prema kojem je proračunat pritisak) daje još uvijek premale vrijednosti horizontalnog pritiska u donjim dijelovima ćelije. Iz tih razloga je vrlo važno znati koji oblici ćelija daju veću sigurnost protiv pojave pukotina.

Nije nam poznato da je koji silos s ćelijama poligonalnih tlocrta doživio oštećenja prilikom pražnjenja, pa čak ni oni najstariji silosi s kvadratnim ćelijama, dimenzionirani prema Janssen-Koenenovoj teoriji, koja se dobro slaže s vrijednostima izmjerenih pritisaka samo za vrijeme mirovanja žita u ćelijama. Jedno objašnjenje ove činjenice sastoji se u tome, što ćelije poligonalnog oblika imaju vute s dodatnom armaturom, koje uslijed svoje krutosti znatno utiču na preraspodjelu unutrašnjih sila i stvaraju rezervu u konstrukciji (adaptacija momenata). Drugo objašnjenje je, da se u ćelijama poligonalne osnove stvara prilikom pražnjenja veće trenje žita o zidove negoli kod okruglih ćelija. A što je veće trenje žita o stijenke ćelija, to je manje povećanje horizontalnih pritisaka prilikom istjecanja. Istovjetno mišljenje o prednostima silosa s poligonalnim tlocrtnim oblicima ćelija iznio je akademik Đorđe Lazarević na III kongresu konstruktera Jugoslavije u Sarajevu 1964.

O ovim problemima mi možemo još uvijek samo diskutirati. Ali jedan mjerodavan sud mogao bi se donijeti tek nakon niza ispitivanja pojedinih oblika ćelija do sloma. Tada bi se možda dobio odgovor na pitanje da li su silosi s okruglim ćelijama uz isti faktor sigurnosti još uvijek i nešto jeftiniji od silosa s drugim oblicima ćelija.

Literatura:

Lipnickij i Abramovič: »Železobetonie bunkera i silosi«. Izdateljstvo literaturi po stroiteljstvu. Lenjingrad 1967.

Theimer: »Wiederinstandsetzung beschädigter Stahlbetonsilos«. Die Mühle, Heft 46, Detmold 1966.

Čandrlić: »Neka pitanja o načinu pražnjenja silosa za zrnje«. Građevinar br. 6 i 7, Zagreb 1965.

TIPSKA LUČNA SKLADIŠTA

Ing. Ivan Prpić, »Tehnika« — Zagreb

Lučne konstrukcije našle su veliku primjenu u industrijskom građevinarstvu, zbog mogućnosti da se njima prekriju građevine velikih raspona i najrazličitijih tlocrtnih oblika. U posljednje vrijeme izvedene su takve konstrukcije u inostranstvu i u nas, raspona do 104 m, odnosno 40 m (Pančevo, Lukavac, Novi Sad, Kutina).

Po statičkom sistemu osnovne nosive konstrukcije su: trozglobni lukovi, sastavljeni od dva segmentna elementa, dvozglobni sa zategama i lukovi bez zglobova.

Tipični geometrijski oblici sistemnih linija, lukovi su: kružni, eliptični i parabolični, od kojih je parabola, kao najpovoljnija krivulja (najbliža potpornoj liniji) najčešće upotrebljavana.

Lučne svođene konstrukcije spadaju u onu grupu konstrukcije koje omogućuju najekonomičniju upotrebu materijala.

U završnoj fazi izgradnje Tvornice dušičnih gnojiva u Kutini, građevno poduzeće »TEHNIKA« iz Zagreba izgradilo je tri tipska lučna montažna skladišta, za deponiranje gotove robe. Skladišta su tloctrne dužine 162 m i širine 37 m. Kod objekata takvih dimenzija važan ekonomski faktor je pojava standardnosti elemenata, što je ujedno i važan uvjet projektiranja za montažni način izvedbe. Skladišta su projektirana u građevinskom odjelu projektne organizacije »INZ-a«.

Parabolični poprečni presjek skladišta je prilagođen liniji prirodnog pokosa rastresitog materijala (umjetnog gnojiva), čime je njihov volumen maksimalno iskorišten (33.000 m^3 po jednom skladištu).

Osnovna nosiva konstrukcija, jednog skladišta, sastoji se od 22 armirano-betonska trozglobna luka, raspona 38,6 m i strijele 12,9 m, odnosa $S : L = 1 : 3$, konstantnog presjeka (0,80 x 0,40 m) oslabljenog za dio koji je predviđen kao ležaj za nosače krovne obloge. Luk je sastavljen od dva segmenta međusobno, i od temelja, odvojena zglobom valjkastog tipa s umetnutom olovnom pločom. Po geometrijskim karakteristikama to je parabola s čvorovima, čiji su kutevi uzeti kao srednja vrijednost nagiba sekante i tangente.

Lukovi su, na međusobnom razmaku od 9 m, obloženi armirano-betonskim montažnim koritastim nosačima izvedenim u dva tipa:

K — I: dimenzija 8,70 x 1,50 x 0,40 m

K — II: „ 8,70 x 0,75 x 0,40 m.

Koritasti nosači su sastavljeni od poprečnih i uzdužnih rebara debljine 6 cm i tlačne ploče debljine 3 cm. Takvi nosači, položeni na ležajeve izvedene na lukovima i na spojnicama zaliveni betonom MB 220, u suštini predstavljaju kratke kontinuirane ljuske. Ovi sistemi konstrukcija iako »nježnih« dimenzija elemenata, sposobni su da prime nepredviđena opterećenja, a lokalna oštećenja ne izazivaju opasnost uticaja tih oštećenja na ostali dio objekta.

U uzdužnom smjeru skladište je prekinuto sa 3 dilatacione spojnice koje ga dijele na 4 polja, dok je u poprečnom smjeru to ostvareno uzdužnom konstrukcijom nadgradnje (laterne), u kojoj je smješten dopremni transporter. Konstrukcija laterne se sastoji od montažnih armirano-betonskih okvira poligonalnog tipa, na međusobnom rasponu od 9 m prekritih s parovima montažnih koritastih nosača, ukrućenih uzdužnim serklažima betoniranim na licu mjesta. Uzdužne stijene laterne zatvorene su naizmjenično durisol pločama i prozorima u betonskim okvirima.

Kao rubni elemenat kratke ljuske služi uzdužni zid (parapet), izveden do 1,7 m iznad poda skladišta, na kojeg se do izvjesne visine oslanja deponirani materijal, a u konstruktivnom smislu doprinosi i stabilizaciji lukova u poprečnom smjeru. Uzdužni zid je po čitavoj dužini horizontalno dilatiran od od donjeg dijela, prelazeći u presjek koji obavlja funkciju odvodnog kanala, za prikupljanje krovne oborinske vode. Dilatacija je ostvarena bitraks trakama.

Na mjestima ležajeva okvira laterne, s obje strane tjemena luka, montirane su armirano-betonske grede ,koje su po cijeloj dužini skladišta međusobno povezane vijcima M-30, predviđene za nošenje ispune laterne (durisol ploča i okvira prozora).

Zabatni dio zgrade je samostalna konstrukcija armirano-betonskog zida debljine 15 cm, prihvaćenog sa 6 armirano-betonskih stupova promjenljivog presjeka, za preuzimanje horizontalnih potisaka vjetra (sl. 1).

Kod ovog lučnog sistema nosive konstrukcije javljaju se razuporne sile od 120 t koje preuzima tlo preko temeljnih stopa površine 2,5 x 4,0 m. Za djelomično preuzimanje te sile izvedene su armirano-betonske razupore među temeljima dva susjedna skladišta. Na krajnjim skladištima, gdje je razupiranje na taj način nemoguće, predviđena su mjesta za montiranje zatega, ukoliko se iz horizontalnih pomaka temelja to pokaže neophodnim.

Pri sredini objekta predviđeni su tračni temelji staze skrepera, presjeka 0,60 x 1,0 m, računati kao kontinuirana greda na elastičnoj podlozi.

Budući da je potrebno minimalno osvjetljenje skladišnog prostora, to će zadovoljiti prozori uzduž tjemena na laterni i djelomično ostakljene zabatne stijene.

Pod hale izveden je od 2 cm debelog lijevanog asfalta, na betonskoj podlozi debljine 15 cm. Tam-

ponski sloj šljunka ispod betonske podloge je 20 cm.

Pokrivanje krova skladišta izvedeno je hidro-izolacionim materijalima, s finalnim slojem albifola. Na dilatacionim spojnicama pod hidroizolaciju podvučeni su elementi od toplotnog stakla, koji će omogućiti dilatiranje objekta bez opasnosti za izolaciju.

Za iznalaženje statičkih veličina, kod dimenzioniranja luka, uzeta su u obzir opterećenja od:

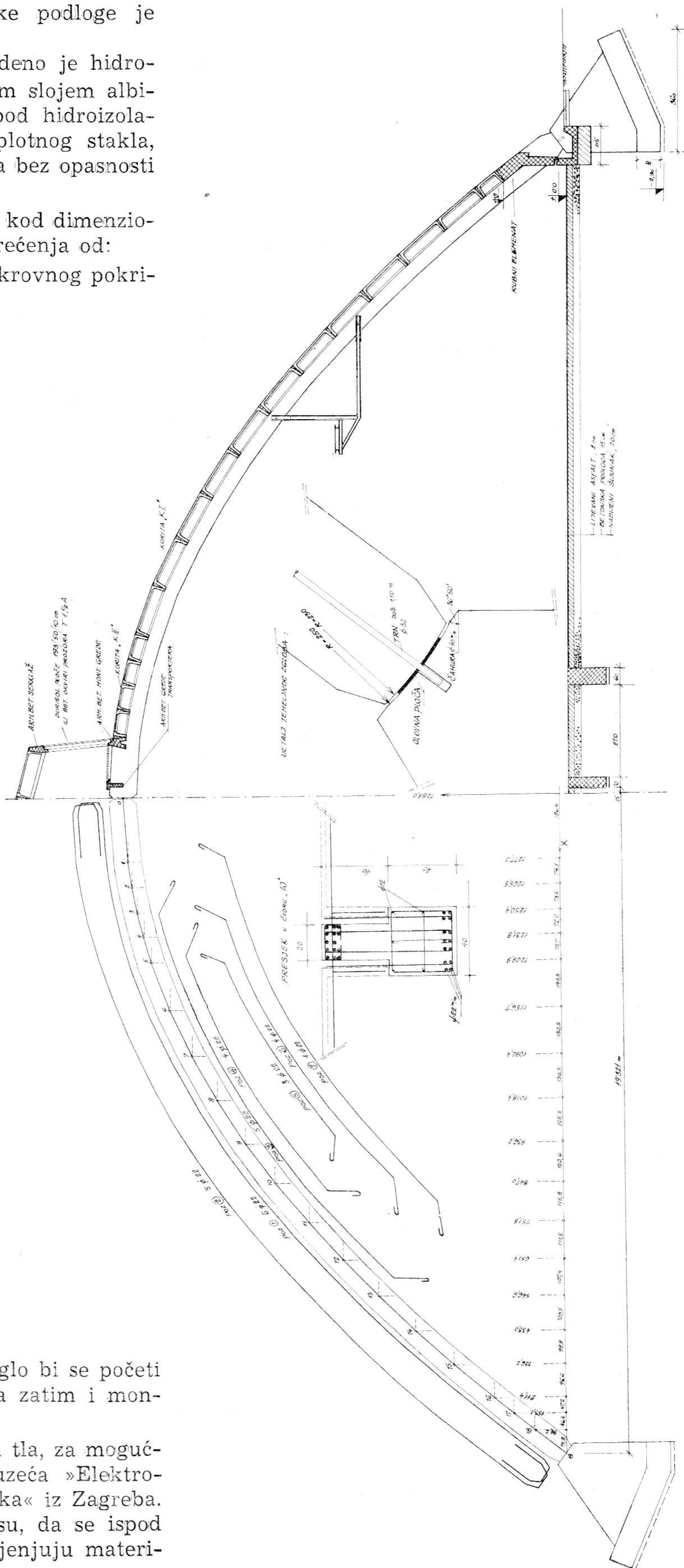
— vlastite težine konstrukcije i krovnog pokrivača s izolacijom
— koncentriranih sila okvira laterne i bočnog transportera, ovješenog o luk
— slučajnog opterećenja vjetrom i snijegom.

Uzdužna rebra koritastih nosača, preko jednog raspona, računata su kao slobodno ležeća, dok elastična upetost nakon zalijevanja spojnica nije uzeta u obzir.

Tlačna ploča koritastih nosača računata je kao slobodno oslonjena po rebrima, i križno armirana mrežom od žice ∅ 4,2 mm, strojno zavarene (elektro-zavarivanjem). Mreža je dopremljena na gradilište u trakama širine 1,5 m i 0,75 m.

Približni proračun poprečnih rebara polazi od pretpostavke prostornog djelovanja, nakon zalijevanja spojnica sa MB-220, te su računata na silu okomitu na os elementa, i to samo za korisno opterećenje. Na tu silu dimenzioniran je i uzdužni zid (parapet).

Prema projektu lukove je trebalo betonirati na zemlji, po segmentima, na niskoj skeli i remenatu, kako dolazi u konstrukciji. Dizanje elemenata obavljalo bi se 28 dana nakon betoniranja, prihvaćanjem na 2 mjesta, projektom predviđena, udaljena po 6 m od krajeva. Za dizanje bi bile potrebne dizalice minimalne nosivosti 20 t, iz položaja izvan objekta, a na toranj s platformom i hidrauličkim prešama (da bi se moglo upasati trnove i olovne ploče u zglobovima). Poslije usidrenja lukova za susjedne temelje moglo bi se početi s betoniranjem rubnog elementa, a zatim i montažom elemenata obloge.



Sl. A: Presjek

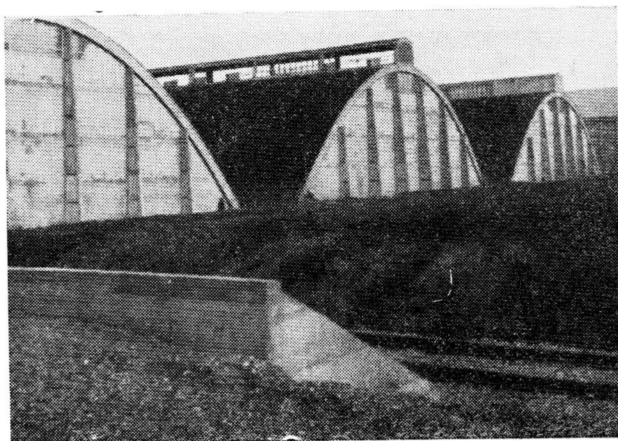
Geološka i geofizička ispitivanja tla, za mogućnosti temeljenja, obavila su poduzeća »Elektrosond«, »Geoistraživanja« i »Geofizika« iz Zagreba. Rezultati tih ispitivanja pokazali su, da se ispod površinskih humusnih prašina izmjenjuju materi-

Sl. B: Montaža

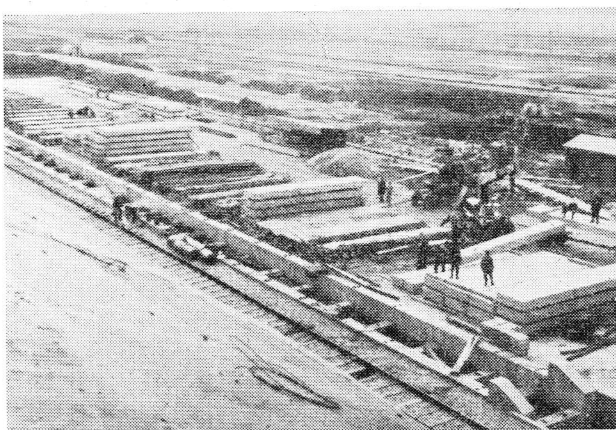
jali tamno obojene, mjestimično organske gline s prašinama i pijescima. Nivo podzemne vode kretao se u vrijeme ispitivanja 0,30—0,50 m ispod površine tla. Rješenje temeljenja po projektu usvojivo je jedino ukoliko je moguće temeljnu jamu zaštititi od pristupa vode.

U našim klimatskim uvjetima, za objekte takve veličine, montažni način izvedbe je naročito pogodan jer ga je moguće izvesti između dva zimska perioda, što bi tradicionalnim načinom bilo gotovo nemoguće.

Za uspješno izvođenje takvih objekata treba voditi računa o ispunjenju najosnovnijih uvjeta



Sl. 1



Sl. 2

montažnog načina rada: elaborat organizacije izvođenja mora biti razrađen u detalje, osiguran potreban kapacitet transportne mehanizacije i dizalica i primjena montažnosti ne samo na elemente konstrukcije, već i na sve elemente oplate, skele, i armature.

Međutim, forsiranje montažnog općeg izvođenja pod svaku cijenu može dovesti do neželjenih posljedica ako se detaljno ne prouče i sve specifičnosti gradilišta. Već pri razradi organizacije izvođenja lučnih skladišta u Kutini izvođaču se nametnuo problem izrade i montaže lukova, zbog specifičnih uvjeta na tom gradilištu. Kako su se sva tri objekta gradila paralelno (što je diktirano rokovima) korištenje prostora sa strana objekata je onemogućeno, a za tako glomazne elemente lukova prostor unutar objekta je suviše skučen, uzevši u obzir i potrebu ovih skladišta za preko 2200 kom armirano-betonskih montažnih elemenata ispune konstrukcije.

Na takvom se gradilištu moglo unaprijed pretpostaviti, da će biti istovremeno forsirane i ostale građevine oko skladišta, kao što su: pogonske zgrade, transportni mostovi, gradnja plinovoda, vodovoda, kablovski kanali, kanalizacija, ceste i željeznica, a najveći dio radova prema rokovima izgradnje trebao je početi i završiti između dva zimska perioda 1967. godine.

Iz poznatih svojstava gline, koja je sastavni dio postojećeg tla, da uz prisustvo vode mijenja volumen (buja), proizlazila je potreba za ugradnjom velike količine tamponskog sloja, šljunka, kako bi se osposobio teren za manevriranje teških dizalica i transportnih sredstava, jer projektom predviđeni tampon i betonska podloga za nošenje tereta uskladištene robe ne bi izdržali i opterećenje mehanizacije za montažu.

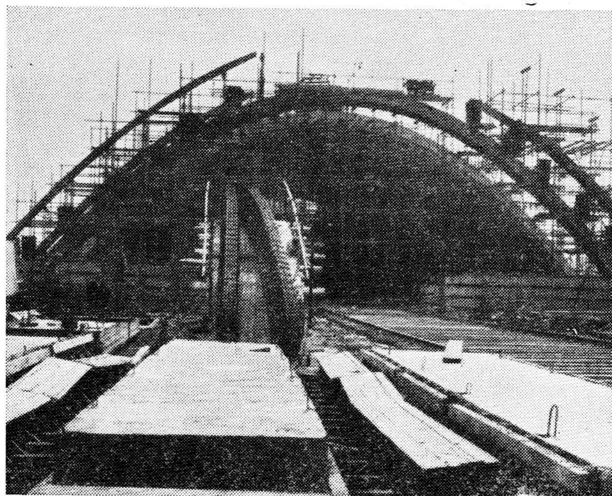
Nije izmakla ni mogućnost betoniranja lukova u horizontalnom položaju što iziskuje potrebu dodavanja montažne armature ili izrade posebnih naprava za dizanje, jer treba uzeti u obzir rad luka prilikom okretanja iz horizontalnog u vertikalni položaj, kada će on, prihvaćen na dva mjesta i oslonjen na krajevima, raditi kao kontinuirana greda s tri raspona. Uz povećani postotak armature u takvom presjeku, mogućnost ugradbe betona bila bi otežana s obzirom na traženi kvalitet i čvrstoću.

Uzevši u obzir, između ostalog, i okolnost da se radi o statički određenom sistemu, prišlo se pripremama za betoniranje luka na licu mjesta.

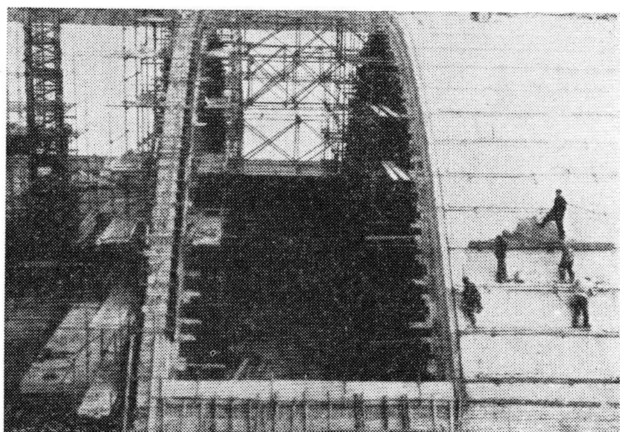
Zbog potrebe gradilišta za velikim količinama kvalitetnog betona bili su ostvareni uvjeti za organizaciju velike mašinske proizvodnje i mogućnosti prevoza betona automiješalicama. Kako su skladišta isključivo od armiranog betona, a svi elementi »nježnih dimenzija«, zbog agresivnog djelovanja na beton spojeva soli dušične kiseline (od kojih je najaktivniji amonijev nitrat) spravljanje i ugradba betona podvrgnuti su izvanrednom režimu. U tom smislu postoje najosnovnija pravila kojih se trebalo pridržavati: glatka oplata, količina cementa min 350 kg/m³, pravilan izbor granulometrijskog sastava, vibriranje i njega, plastična konsistencija s vodocementnim faktorom najviše 0,50. Nije suvišno primijetiti da kod ovakvih objekata glatka oplata može jedino u potpunosti zadovoljiti estetske efekte.

Pri izvedbi temelja naročitu pažnju je trebalo posvetiti iskopu, zbog karakteristike tla ,i konkavnom dijelu temeljnog zgloba, zbog tražene tačnosti visinskog i tlocrtnog položaja čaure. Iskop se obavljao neposredno prije betoniranja stope temelja. U slučajevima kada je zbog oborinske ili podzemne vode dolazilo do raskvašenja dna iskopa, temeljna jama je produbljivana a iskopani dio zamjenjivan s betonom MB-70 (ili MB-160 budući da je geološkim ispitivanjima konstatirana mogućnost pojave slojeva organskog porijekla). Kontrola u tom smjeru je obavljana po metodi Künzella (kinetička energija) zabijanjem čeličnog štapa, te je iz određenog profila štapa, dubine prodiranja, broja udaraca, određivana približna nosivost ispitivanog sloja. Temeljni dio zgloba izveden je pomoću limenih šablona čime je bila zagarantirana tačnost od ± 5 mm.

Iako je montaža lukova otpala, montiranje svih ostalih elemenata, prosječnih težina po 2,5 t, obav-



Sl. 3



Sl. 4

ljano je kranom »Libher«, čija je staza montirana po unaprijed izbetoniranim tračnim temeljima skrepera, tako da bi njegovim akcionim radijusom bila zahvaćena sva mjesta montaže, a da ne dođe u pitanje nosivost.

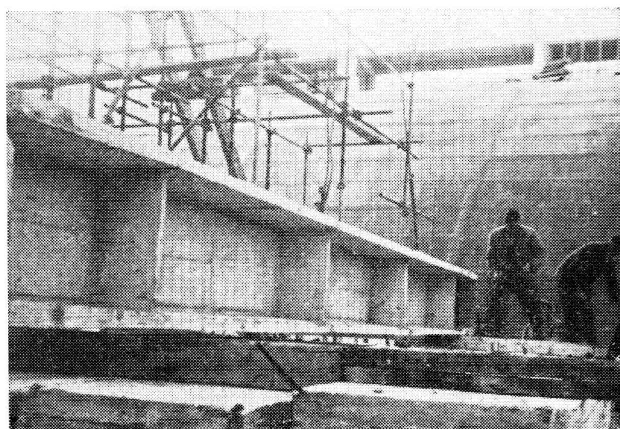
Za potrebe ovih skladišta izrađeno je preko 2200 kom armirano-betonskih montažnih elemenata, zbog čega je bilo neizbježno da se dio elemenata izvede za nepogodna vremena, zaparivanjem u zatvorenom prostoru; tom prilikom su potvrđena već iz prakse poznata iskustva s tog područja. Montaža armatura za sve elemente je obavljana na posebnim platformama, te je za pojedini elemenat bila kao gotov kostur postavljana u kalupe (oplatu). Montažni elementi su betonirani u horizontalnom položaju u serijama kalupa, koji su se sastojali od montažnih stranica i fiksnih podova. Rad s takvim elementima predstavlja vrlo osjetljiv posao zbog velikih dimenzija i tankih stijenki i potrebne tačnosti zbog montaže (sl. 5).

S izvjesnim gubicima se moralo računati, ali uz potrebnu pažnju pri svakoj fazi rada: izradi oplate, postavi armature betoniranja, njezi betona, vađenju iz kalupa, transportu i montaži, ti gubici su svedeni na minimum. Vađenje elemenata iz kalupa zavisilo je, osim o vremenskim prilikama, i o načinu vađenja, pa su u tu svrhu u elemente ubetonirane kuke od betonskog željeza po statičkoj shemi, tako da pri dizanju nastupe što manji momenti savijanja. Za pogodna vremena elementi su vađeni drugi dan nakon betoniranja, te slagani, bili su podvrgnuti daljnjoj njezi polijevanjem vodom (sl. 2). Po isteku roka potrebnog za postizanje montažne čvrstoće, što je kontrolirano, elementi su montirani u konstrukciju.

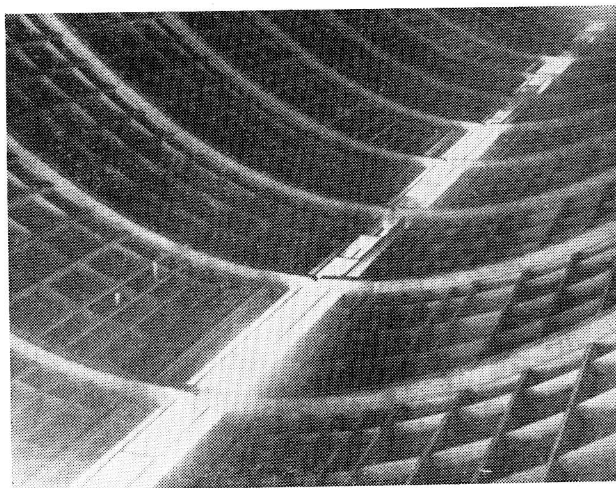
Na gotovu betonsku podlogu poda skladišta montirana je skela za lukove, od čeličnih bešavnih cijevi, u paru međusobno ukrućenih montažnim prostornim rešetkama, od istih cijevi (sl. 4). Svako polje između skela služilo je kao prostor za deponiranje 36 kom montažnih koritastih nosača za pokrivanje tog polja. Pri proračunu skele pošlo se od principa da sistem bude jednostavan, funkcionalan i siguran. Uz pretpostavku: netačnosti izvedbe, popuštanja temelja, elastičnog i plastičnog toka betona i popuštanja skele i oplate, sistemnoj liniji luka dato je nadvišenje. Otpusne naprave vretena (amerikaneri) nalazili su se na svim nosivim vertikalama i horizontalama, za preuzimanje komponenata djeljujućeg opterećenja. U poprečnom presjeku skela se sastojala od nosivog para vertikala i horizontala, te radnog dijela, ukupne širine 3 m. Na vretena su montirani elementi oplate: podvlake, oblučila i pod, na koji je pomoću instrumenata ucrtana osovina luka. Nakon toga moglo se pristupiti montaži armature ,koja je za svaki segment luka bila posebno složena na odgovarajućoj skeli pri zemlji, s zakrivljenošću kao što dolazi u konstrukciju (sl. 3). Poduzete su odgovarajuće mjere da se tako vitak armaturni kostur (dužina 24 m, i težina 2,2 t) pri dizanju ne razveže. Simetrična armatura luka sastojala se od 28 kom betonskog željeza ϕ 22 mm u presjecima najvećih momenata. Zbog potrebne dužine armatura je bila nastavljana elektrovarenjem na sučeljak, pomoću aparata »Shlatter« u određenim presjecima prema momentnom dijagramu. Nakon montaže armature dizana je montažna bočna oplata izrađena po čvorovima (sekantama). Te oplate je trebalo izraditi znatno manje negoli oplate podova, jer se ona može skidati 24 sata nakon betoniranja.

Tjemeni zglob je izveden pomoću kalupa u obliku okvira, u koji je smještena olovna ploča (s dodatkom 5% antimona), dimenzija 40 x 30 x 1,5 cm, obložena bakarnim limom debljine 2 mm. Reške temeljnog zgloba zatvarane su bitumeniziranim plutom. U konkavni dio zgloba ubetonirana je čaura od čelične bešavne cijevi, dužine 20 cm, d = 5 mm, ϕ = 40 mm, u koju ulazi trn od betonskog željeza ϕ 32 mm (računat na τ-napon), ubetoniran u konveksni dio zgloba. Pri zglobovima su dijelovi luka armirani mrežastom armaturom ϕ 8 mm (5 x 5 cm), u 10 nizova na rastojanju od 5—10 cm.

Zbog ostvarenja simetričnog opterećenja skele i oplate luk je betoniran obostrano, ručno, uz nabi-



Sl. 5



Sl. 6

janje pervibratorima ϕ 35 mm. Sastav betona: agregat, frankcioniran, Novo Čiče: $\varnothing$ 0 — 1 mm — 22%, 1—4 mm — 23%, 4—8 mm — 20% i 8—16 mm — 35%. Odnos doziranja: 1 : K : W = 1 : 4,56 : 0,46. Cement: PC — 350 — 15 p sa 450 kg/m³, $_k\beta_{pr}^{10} \geq 300$ kg/cm² $_k\beta_{pr}^{28} = 350$ (400) kg/cm².

Taj način betoniranja diktirao je, neizostavno, dodatne elemente skele koji bi spriječili tendenciju odizanja tjemena luka. Nakon betoniranja luka i skidanja bočne oplate izveden je rubni elemenat i montirane armirano-betonske tjemene grede koje su preuzele ulogu montažnih rešetki skele. Rešetke su odmah demontirane kranom da bi bila dostupna korita deponirana u tom polju. Kada su korita montirana, spojnice su zalijevane parcijalno, da se smanji dužina izvijanja luka i mogućnost pojave pukotina poslije otpuštanja skele, kada konstrukcija najintezivnije radi. Time je onaj dio rada na jednom polju bio gotov, koji omogućuje da se pređe na izradu slijedećeg polja. Postignuta brzina rada je 6 dana po jednom polju na svakom skladištu, od kojih svako ima po 18 polja. Skela je otpuštana nakon 10—20 dana, zavisno o temperaturi i vlažnosti zraka te rezultatima ispitivanja probnih kocki ($_k\beta_{pr}^{10} \geq 300$ kg/cm²), tako da se počelo postepeno od mjesta najvećih deformacija, kao što se to radi na skelama sa više oslonaca.

Da bi postojao stalan uvid u vertikalne i horizontalne pomake temelja, prethodno su snimljeni svi reperi i markacije osovina. Dijagrami dosadašnjih snimaka pokazuju da su hirozntalni pomaci neznatni prema vertakilnim, a deformacije lukova u tjemenu u granicama proračunskog nadvišenja sistemne linije.

Na zahtjev izvođača IGH je ispitao koritaste pokrovne nosače, opterećenjem do sloma radi određivanja koeficijenta sigurnosti. Ispitivanje je obavljeno na po jednom uzorku od 2 postojeća tipa, odabranih iz serija koje su pokazale nešto lošije rezultate. Starost uzoraka bila je 134 dana, odnosno 35 dana. Izmjerene dimenzije probnog elementa odgovarale su nominalnim.

Sastav betona: agregat — frakcioniran — Novo Čiče, $\varnothing$ 0—1 mm — 15%, 0—4 mm — 35%, 4—8 mm 20%, 8 — 16 — 30%. Cement: Podsused PC — 350 — 15 p, 350 kg/m³, vodocementni faktor: W = 0,50, obradivost: plastična, predviđeno: MB-300.

Probno opterećenje je provedeno postepenim nanošenjem tereta po fazama, do sloma. Da bi se dobilo slično stanje oslanjanja elemenata kao u konstrukciji, na ležajevima su postavljena plosna željeza šir. 6 cm. Nosač je tretiran kao prosta greda (statički račun). Međutim, u konstrukciji su ti elementi nagnuti pod raznim kutevima (od 25° naviše), zavisno o nagibu parabole, a osim toga su i elastično upeti; prema tome je reduciran koeficijent opterećenja. Kao teret je uzet cement u vrećama po 50 kg. Progibi su mjereni mikrourama osjetljivosti 1/100 mm, postavljenim u sredini raspona i na krajevima.

U trećoj fazi je dostignut teret predviđen statičkim računom. 24 sata nakon odterećenja, mikroure su pokazale veličinu plastičnih deformacija, koje su iznosile oko 20% ukupnog progiba. U toj fazi opterećenja pokazale su se prostim okom nevidljive pukotine na uzdužnim rebrima nosača. Nakon ponovnog nanošenja tereta, u osmoj fazi, došlo je do naglog povećanja progiba i otvaranja pukotina, što se može okvalificirati kao slom.

Proračun progiba sadržava teoretski progib uz pretpostavku punog betonskog presjeka, i progib uz pretpostavku presjeka s pukotinama pri početku pokusnog opterećenja, koje (sigurno) utječu na veličinu progiba.

Prema uzancama naših i stranih propisa oba nosača su pokazala da su plastični i trajni progibi kao i veličine vlasastih pukotina u skladu s dozvoljenima. Koeficijenti sigurnosti su iznosili: za KI = 2,25, a za KII = 2,75 (K_{dop} = 1,8, po Sovjetskim propisima).

GRAĐENJE SILOSA S KLIZNOM OPLATOM POMOĆU HIDRAULIČKIH DIZALICA

Ing. Bruno Margitić, GP »Tehnika« — Zagreb

1. Uvod

Pitanje mehanizacije i automatizacije procesa klizanja kod građenja silosa i sličnih konstrukcija predstavljalo je za projektante i konstruktore složenu zadaću. Iako je sama ideja građenja kliznom oplatom poznata već gotovo 60 godina, prošao jerelativno dugi vremenski period do izvođenja tih konstrukcija pomoću suvremene automatizirane opreme, gdje se u potpunosti isključuje ručni rad pri podizanju oplate.

U članku će se prikazati oprema za jednu mehaniziranu i automatiziranu kliznu oplatu švedske firme AG Byggförbättring iz Stockholma, obično poznatu kao sistem Concretor-Prometo. Firma AG Byggförbättring počela je s konstruiranjem i ispitivanjem prvih hidrauličkih dizalica odmah poslije II svjetskog rata, pa se već 1949. godine izgradnja stambenih građevina u Stockholmu i Göteborgu izvodila kliznom oplatom pomoću hidrauličkih dizalica. Danas sistem Concretor-Prometo predstavlja najnapredniju opremu za podizanje klizne op-

late, a koristi se u preko 30 zemalja svijeta, uključujući i SAD.

U Sovjetskom Savezu prvi puta bilo je upotrebljeno mehanizirano podizanje klizme oplate 1951. godine pomoću dvocilindričnih hidrauličkih dizalica.

U našoj zemlji prvi puta je izgrađen silos modernom opremom u Ptuju, osmerokutnog oblika ćelija, pomoću pneumatskih dizalica talijanske firme Same iz Milana (proljeće 1967, sl. 1). Radove je izvodilo građevno poduzeće »Gradis« iz Ljubljane. 1967. i zagrebačka poduzeća »Industrogradnja« i »Tehnika« započela su izgradnju silosa u Valpovu i N. Gradiški sistemom Concretor-Prometo.

Prema načinu predaje i ostvarivanja sile podizanja poznati su električni, hidraulički i pneumatski sistemi, osim već poznatih mehaničkih dizalica na ručni pogon. Danas se najčešće upotrebljavaju hidraulički sistemi, uglavnom zbog poznatih karakteristika nestišljivosti tekućina (ulja). Tako se mogu ostvariti kompaktne, malogabaritne dizalice velikih nosivosti. Osim toga, zahvaljujući nestišljivosti tekućina, impulsi u cijevovodu i dizalicama predavaju se istovremeno i bez trzaja. Hidrauličkim sistemom omogućuje se lagano upravljanje postojećim agregatima, jednostavno uključivanje i isključivanje, osiguranje od preopterećenja i ostvarivanje automatizacije cijeloga sistema.

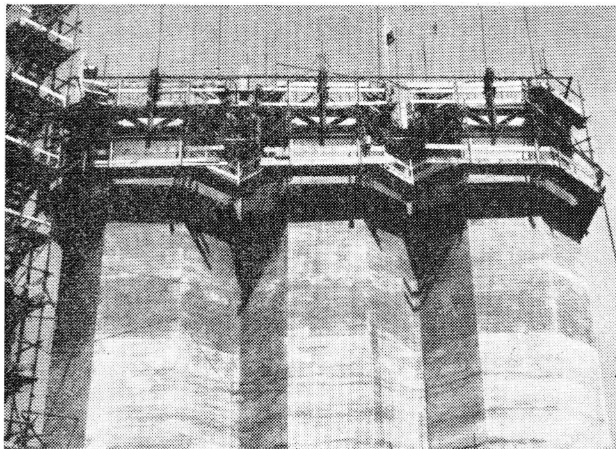
I pneumatske dizalice (sl. 2) imaju nekih prednosti, kao npr. nezavisnost rada u odnosu na temperaturu okolnog zraka, a osim toga ne trebaju povratnih cijevovoda. Međutim, dosta se teško rješavaju problemi hermatizacije i automatike. Stišnajvanje zraka izaziva udarno djelovanje na dizalice, što nije povoljno, a ublažívanje udarnog djelovanja u zračnom sistemu se rješava uz velike teškoće, pa se veoma rijetko primjenjuje pri građenju kliznom oplatom.

2. *Hidraulički sistem podizanja klizne oplate*

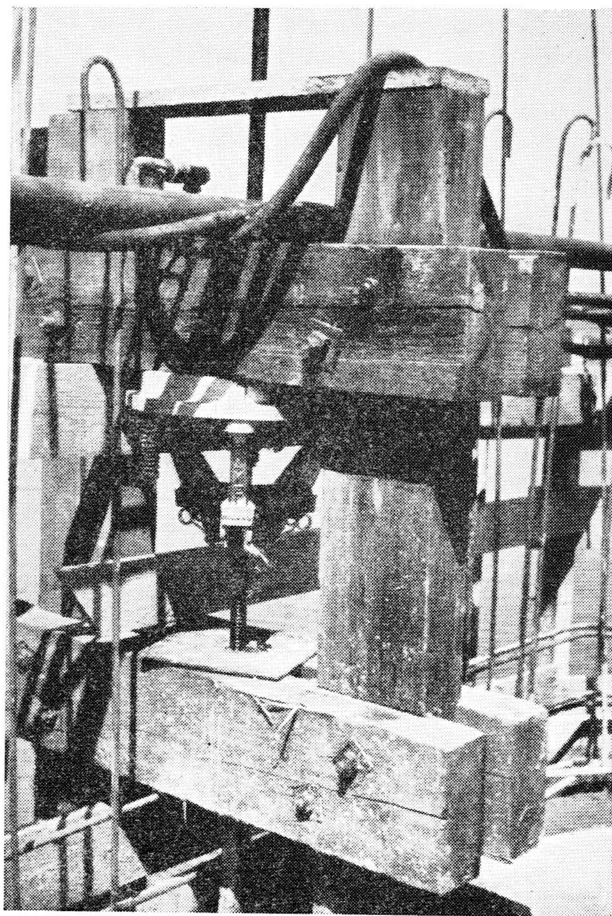
Hidraulički sistem podizanja klizne oplate djeluje na principu zatvorenih spojenih posuda, a sastoji se iz ovih osnovnih dijelova: hidrauličkih dizalica, pumpnih stanica, kontrolno-razdjelnog dijela koji raspoređuje i regulira kretanje ulja, i transportnog dijela koji se sastoji iz cijevovoda i armature, a sjedinjava pumpne stanice s kontrolno-razdjelnim dijelom i dizalicama.

Princip djelovanja hidrauličkog sistema za podizanje klizne oplate pokazan je na sl. 3. Pri podizanju klipa (1) prema gore u nižem dijelu cilindra (2) stvara se podtlak uslijed čega ventil (4) ostaje u svojem gnijezdu, a ventil (3) biva povučen prema gore i propušta ulje iz rezervoara (5) u niži dio cilindra (2). Pri spuštanju klipa (1) prema dolje ventil (3) pod djelovanjem pritiska ulja, koje se nalazi u nižem dijelu cilindra, pada u svoje gnijezdo, otvara se ventil (4) i ulje počinje teći u cijevovod. Za izravnanje pulzirajućeg toka ulja i zaštite od hidrauličkih udara u hidrosistemu, cijevovod koji ide od pumpe prolazi kroz zračni amortizator (7) čiji je volumen na $2/3$ ispunjen zrakom. U višem dijelu nalazi se manometar (8) radi kontrole pritiska u hidrosistemu.

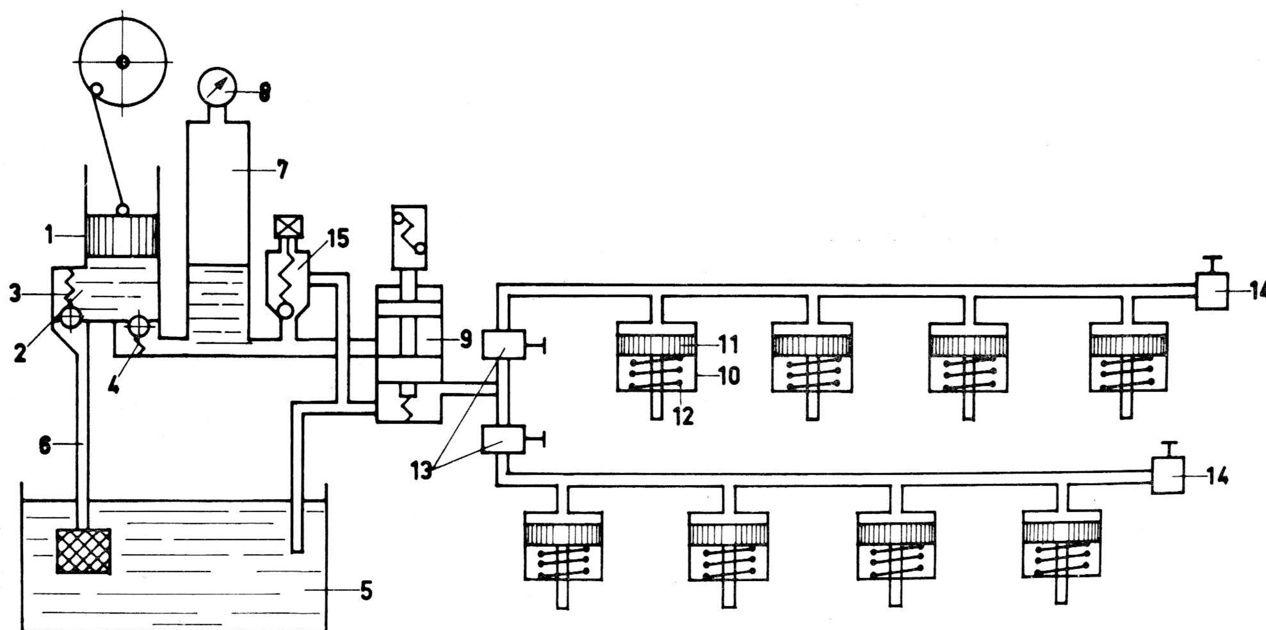
Ulje pod pritiskom ulazi u cilindre (10) i svojim ih pritiskom premješta zajedno s oplatom, a klipovi (11) zahvaljujući specijalnoj konstrukciji



Sl. 1: Silos u Ptuju, prvi silos u Jugoslaviji izveden modernom opremom pomoću pneumatskih dizalica



Sl. 2: Pneumatska dizalica talijanske firme Same iz Milana



Sl. 3: Shema hidrauličkog sistema podizanja klizne oplate

zahvaćaju podupirače (cijevni ili puni okrugli štapovi) i ostaju na mjestu.

Rad pumpi produžuje se do časa kada se svi cilindri u potpunosti ispune uljem i kada zauzmu krajnji položaj prema gore iza čega se pumpe isključuju, a razdjelni sistem (9) prebacuje se na položaj kojim se ulje iz dizalica pomoću cijevovoda vraća u rezervoar.

Zahvaljujući specijalnoj konstrukciji dizalica, oplata u vrijeme vraćanja tekućine u rezervoar ostaje na podignutoj visini. Kada svi klipovi (11) pod djelovanjem povratnih opruga (12) zauzmu krajnji gornji položaj, razdjelni sistem se prebacuje na propuštanje ulja k dizalicama s istovremenim zatvaranjem povratnog cijevovoda, poslije čega se uključuju pumpe i ciklus podizanja oplate se ponavlja.

Ventil (13) daje mogućnost da se isključe iz rada dijelovi cijevovoda. Pomoću ventila (14) iz hidrosistema se ispušta zrak. Sigurnosni ventil (15) podržava zadani pritisak u sistemu i osigurava ga od preopterećenja.

3. *Oprema za podizanje klizne oplate*

Oprema za mehanizirano i automatizirano podizanje klizne oplate sastoji se iz (sl. 4): dizalica s mjeračima nivoa, pumpe i opreme za automatsko uključivanje i isključivanje cijevovoda, jarmova, podupirača, i klizne oplate (oplata za stijenke, remenata, radnog poda, viseće vanjske i unutrašnje skele).

Dizalice

Dizalice su hidraulične tipa 601, a predstavljaju modificiranu i poboljšanu konstrukciju dizalice tipa 501 s istim načinom podizanja, dužinom hoda i promjerom podupirača (sl. 5). Normalna nosivost dizalice iznosi 3.000 kg kod 100 kg/cm^2 hidrauličnog pritiska. Dozvoljava se kratkotrajno preopterećenje od 100% ukoliko to ostale okolnosti dozvoljavaju. Dužina hoda dizalice je 25 mm, a podupirači su maksimalnog promjera 27 mm.

Osnovni sastavni dijelovi dizalice su ovi (sl. 6): hidraulički cilindar (11), tijelo dizalice s konusnim kućištem i pomičnim klinastim čeljustima (23), konusno kućište i nepomične klinaste čeljusti (25), i mjerači nivoa.

Hidraulički cilindar sadrži: čep klipa (13) s kojima je kruto povezan vrat klipa (5), poklopac cilindra spojen s plaštem cilindra (6), brtvilo od filca (7), dno cilindra (8), dva klipna brtvila (9), oprugu (10) i jednu klipnu ploču (12).

Tijelo dizalice sadrži konusno kućište (15) s klinastim čeljustima (16) čiji je hod prema gore ograničen maticom (14). Klinaste čeljusti sastoje se od 6 nazubljenih klinova koji su fiksirani pomoću opruge (21). Klinovi leže na pločici (20) a prema gore se potiskuju povratnom oprugom (22).

Konusno kućište (25) s nepomičnim klinastim čeljustima (16) sadrži također 6 nazubljenih klinova koji su preko cijevne vodilice položeni na oprugu (27). Hod dizalice preko matice (26) prenosi se na jaram i kliznu oplatu.

Penjanje dizalice po jednom glatkom podupiraču je moguće jer se klinaste čeljusti mogu podizati samo prema gore. Kada je pumpa isključena odnosno kada dizalice nisu pod pritiskom, vise dizalice i jarmovi s kliznom oplatom na nepomičnim klinastim čeljustima (25/16) koji zahvaćaju podupirače. Kod uključivanja pumpe i kada ulje ulazi u cilindar (11) klipni čep je pritisnut prema dolje. Taj se pritisak prenosi preko konusnog kućišta (15) na pokretne klinaste čeljusti (16) koje čvrsto za-

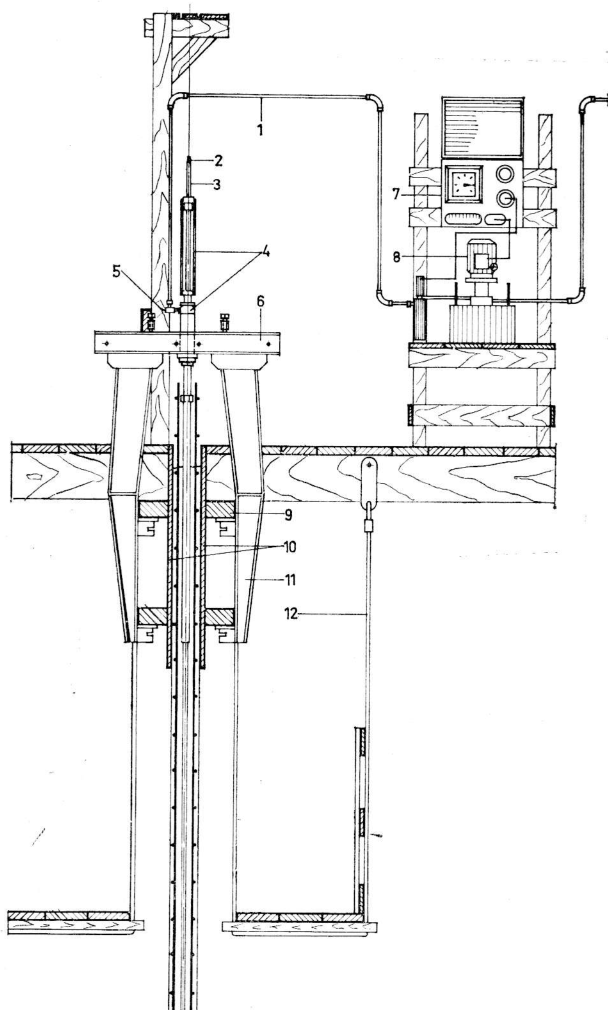
hvaćaju podupirače. Kako ulje i dalje ulazi u cilindar (11) pritišće i prema gore, pa se cilindar, i s njim pomoću navoja čvrsto povezano tijelo cilindra (23) s konusnim kućištem i nepomičnim klinastim čeljustima (25), podiže. Pri tom se ujedno podiže jaram i klizna oplata, a povratna opruga (22) se sabija.

Kada se pumpa isključi, ulje iz cilindra istječe i zahvaljujući nepomičnim klinastim čeljustima (25/16) dizalica s jarmom i oplatom ostaje na podignutom položaju. Pomične klinaste čeljusti ostaju neopterećene i povratna opruga (22) podiže konusno kućište (15) s čeljustima (16) i klipnim čepom (13) u položaj za naredni hod dizalice. Istovremeno ulje iz cilindra (11) istječe u uljni cijevovod i dalje u rezervoar pumpe.

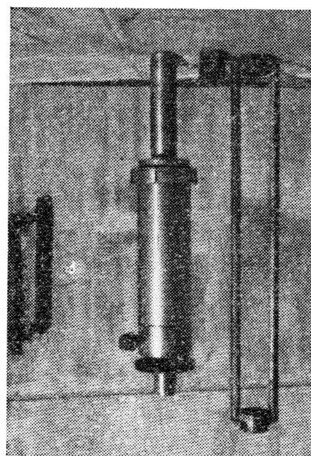
Dizalice su građene za jednakomjeran hod od 25 mm. Kod pravilno održavanih dizalica i stalnog promjera podupirača, praktični se postiže uvijek jednaka veličina hoda od 23 mm kod opterećenja od cca 2500 kg. Često se dešava da su dizalice različito opterećene, pa varira i veličina hoda. Ovo se odstupanje automatski ispravlja u toku klizanja na svaka 0,5 m pomoću mjerača nivoa.

Prema navodima proizvođača dva su osnovna nedostatka koji se mogu pojaviti u vrijeme kontinuiranog klizanja: dizalice ne brtve dobro, pa dolazi do probijanja ulja u donje dijelove i na plašt dizalice ili je visina hoda mala ili nikakva. Obje se osnovne greške otklanjaju na različite načine.

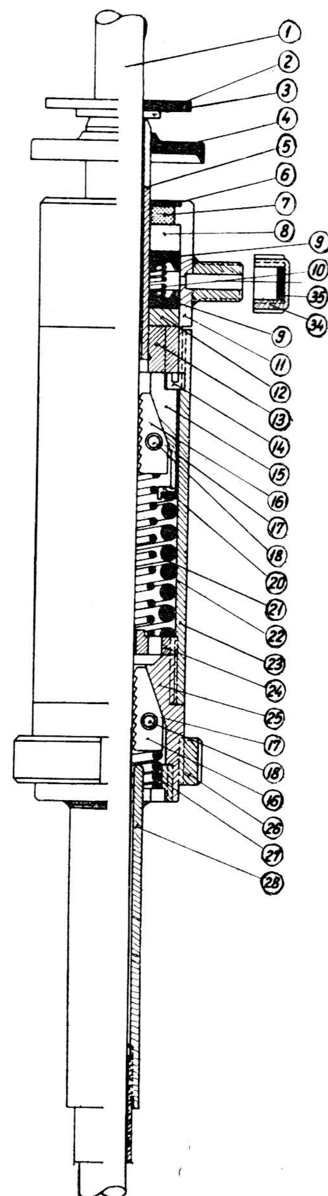
S dizalica se poslije svakog klizanja moraju odstraniti nečistoće, a klinovi se čiste rotirajućim čeličnim četkama i petrolejom. Nakon čišćenja klinove se treba premazati uljem. Poslije cca 60—



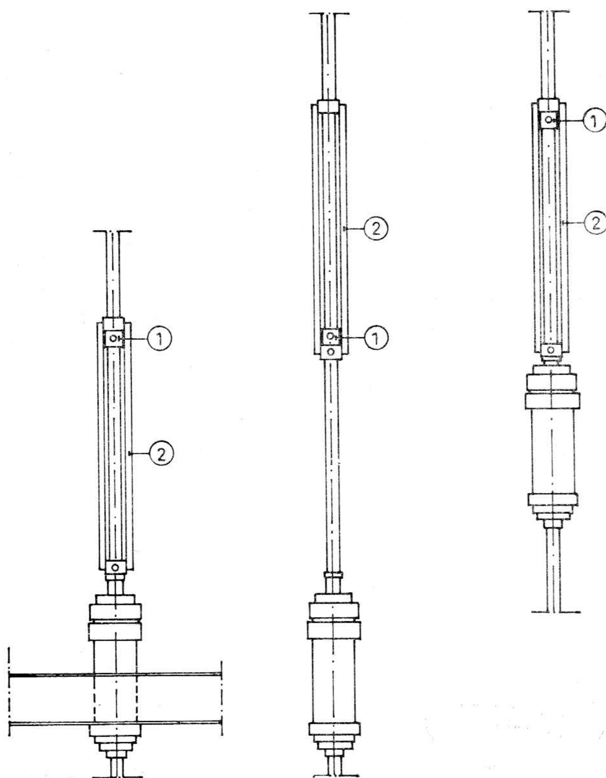
Sl. 4: Presjek jedne normalne klizne oplate s opremom za mehanizirano i automatsko klizanje: (1) cijevovod, (2) nastavak podupirača, (3) cijevni podupirač, (4) dizalica s mjeračima nivoa, (5) zaporna slavina, (6) greda jarma, (7) impulzator, (8) visokotlačna uljna pumpa, (9) remenata, (10) oplata, (11) stupovi jarma, (12) viseća radna skela



Sl. 5: Hidraulička dizalica tip 601 s mjeračem nivoa



Sl. 6: Presjek dizalice



Sl. 7: Mjerač nivoa

80 m klizanja dizalice se potpuno rastavljaju i nakon pregleda svakog dijela pristupa se eventualnom brušenju zubi klinastih čeljusti.

Mjerač nivoa postavlja se na podupirač iznad dizalice (sl. 7) a sastoji se iz dva dijela: matice (1) i vilice (2). Da se mjerači mogu fiksirati na podupirač, matica i donji dio vilice snabdjeveni su vijkom za pritezanje.

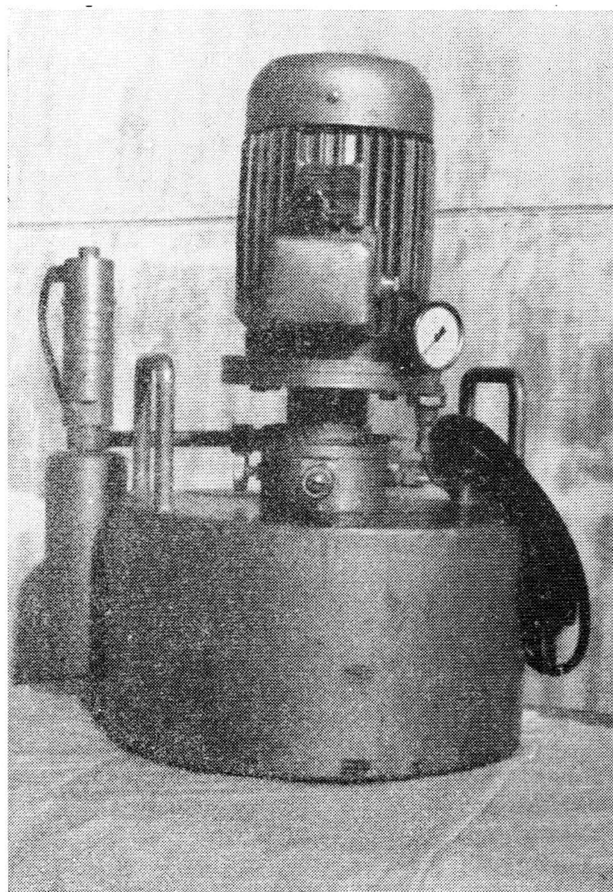
Kod prvog postavljanja dizalica, na podupirače se postavljaju i mjerači nivoa, s time da se matica postavlja s gornje strane vilice i fiksira vijkom. Odmah zatim podiže se i vilica s donjim krajem do matice i fiksira vijkom. Prilikom podizanja dizalice po podupiraču vrat klipa (5) je onaj dio, koji sprječava daljnje podizanje dizalice, odnosno konusnog kućišta s pomičnim klinastim čeljustima (15/16). Na taj se način isključuje dizalica iz rada i podizanje prestaje. Ovim se načinom može obaviti kontrola horizontalnosti na svakih 0,5 m jer se isključuju iz rada dizalice kojima je hod veći od ostalih. Kada sve dizalice dosegnu visinu donjeg dijela vilice mjerača, oni se podižu na novu visinu odnosno za 0,5 m — koliki je hod mjerača. Poželjno je jednom dnevno instrumentom kontrolirati horizontalnost mjerača. Prema tom se ovim postupkom automatski regulira horizontalnost čitave klizne oplate.

Pumpa

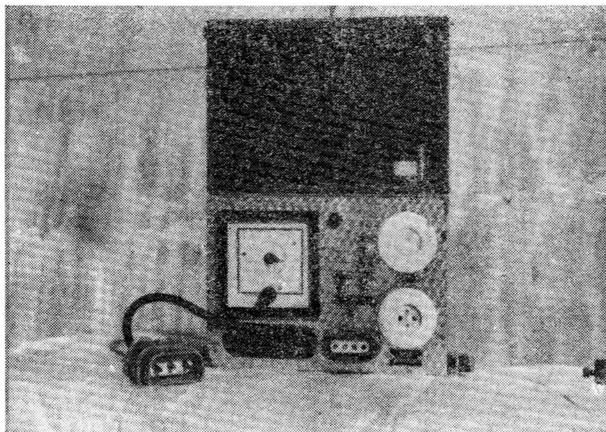
Pumpa je tipa HTP-5 klipna kapaciteta 5 l/min. Volumen rezervoara je 25 l. Radni pritisak je 50—150 kg/cm², a maksimalni kratkotrajni 200 kg/cm². Pumpu pokreće elektromotor od 2 PS. Broj okretaja pumpe iznosi 1400 o/min. Jedna pumpa opskrbljuje cca 120 komada dizalica. Sama pumpa (Sl. 8) sastoji se iz elektromotora, uljne pumpe, rezervoara, automatsko-propusnog ventila, filtera za ulje i manometra. Pri uključivanju u rad pumpa usisava ulje iz rezervoara koje preko automatskog ventila, cijevovoda i manometra potiskuje prema dizalicama. U cilju reguliranja pritiska, pumpa je snabdjevena regulacionim ventilom.

Obično se pumpe prilikom isporuke baždare na pritisak od 120 kg/cm², koji se može regulacionim ventilom povisiti. Ostvareni pritisak zavisi i o viskozitetu ulja kao i vanjskoj temperaturi. Kod biranja pritiska, koji je veći od 120 kg/cm², treba voditi računa i o dijelovima opreme na koje se ovaj pritisak prenosi, a to su dizalice i podupirači, koji bi se mogli znatno trajno preopteretiti, što je nedozvoljeno.

Pri uključivanju motora pumpe u rad opaža se lagano podizanje kazaljke manometra. Kada se kazaljka umiri vjerojatno je dostignuta veličina pritiska kojim se može podizati oplata. Nakon podizanja dizalica na visinu hoda naglo poraste pritisak na manometru i to na veličinu baždarenog pritiska pumpe. Taj je pritisak obično za oko 20 kg/cm² veći od potrebnog radnog pritiska. U tom



Sl. 8: Visokotlačna uljna pumpa HTP 5



Sl. 9: Impulzator

času pumpa se isključuje i ulje ističe povratnim cijevovodom u rezervoar pumpe. Vrijeme isticanja zavisi o viskozitetu ulja, broju dizalica i dužini cijevovoda, a iznosi cca ⅓ do ⅔ radnog vremena pumpe. Pumpa se ne smije ponovo uključiti prije nego što povratna opruga dizalice ne istisne ulje iz cilindra. Prema prospektu proizvođača treba upotrebljavati motorno ulje viskoziteta SAE 10W do SAE 40W odnosno za temperaturu zraka od —10°C do +40°C.

Radni proces uključivanja i isključivanje pumpi je potpuno automatiziran. Vremenski interval između svakog podizanja može se regulirati, a to znači da se može odabrati povoljna brzina klizanja u zavisnosti od radnog procesa (kod početka klizanja brzina je mala, a nakon 5—6 sati od početka betoniranja jednaka je zadanoj brzini).

Na sl. 9. pokazan je impulzator kojim se može regulirati brzina klizanja jednostavnim okretanjem brojčanika. Brzina je

$$v = \frac{h \cdot 60}{t}$$

h = hod dizalice u mm
t = interval između podizanja u min.

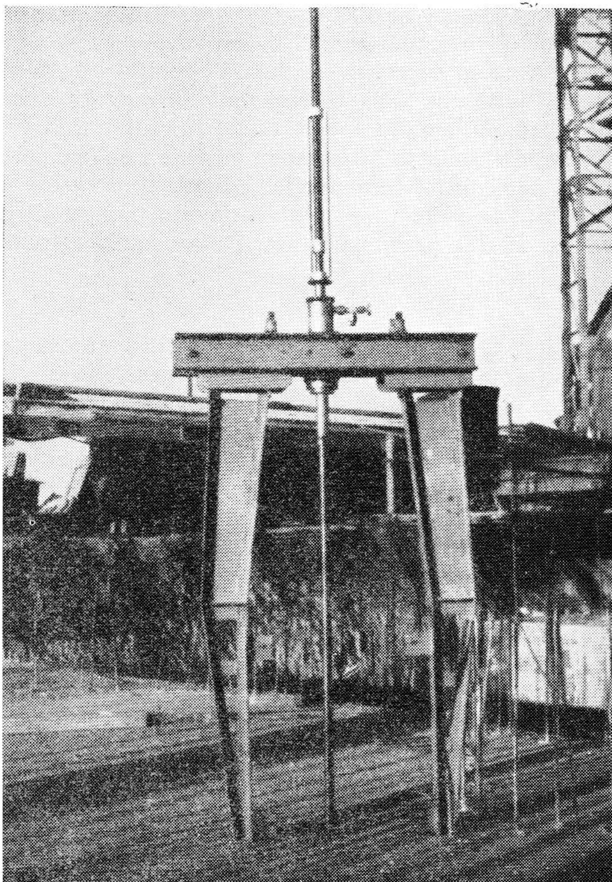
Ako odaberemo t = 8 min dobivamo brzinu klizanja v = 18,75 cm/sat.

Cijevovod

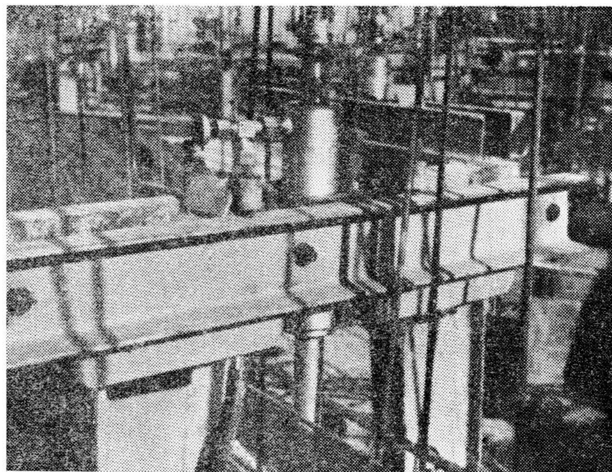
Zadatak cijevovoda je transport ulja od pumpe k dizalicama i nakon podizanja povrat ulja od svake dizalice do rezervoara pumpe. Cijevovod i armatura moraju preuzeti pritisak od najmanje 200 kg/cm². Cijevovod je horizontalan, zatvoren s odvojcima od svake dizalice. Cijevovod je od bešavne hladno-vučene cijevi promjera 16 mm, s stijenkama debljine 1,5 mm, ili od armirane gume (radni pritisak 275 kg/cm², probni 550 kg/cm² i prekidni od 1100 kg/cm²) s unutarnjim promjerom od ½".

Jarmovi

Kao i kod drvenih jarmova i čelični su jarmovi jedan od najvažnijih dijelova opreme za kliznu oplatu. Osim toga i njihova je zadaća jednaka: sjedinjuje kliznu oplatu svih ćelija, preuzimaju pritisak svježe uloženog betona i prenose na oplatu silu podizanja koja se ostvaruje dizalicama. Jarmovi su čelični (sl. 10) a sastoje se od greda i stupova. Grede su dvostruki profili [12, dužine 1000 mm. Stupovi su vareni T nosači s ispunom, konstruirani tako da mogu preuzeti nastupajuće op-



Sl. 10: Čelični jaram



Sl. 11: Pogled na jaram s dizalicom za vrijeme gradnje

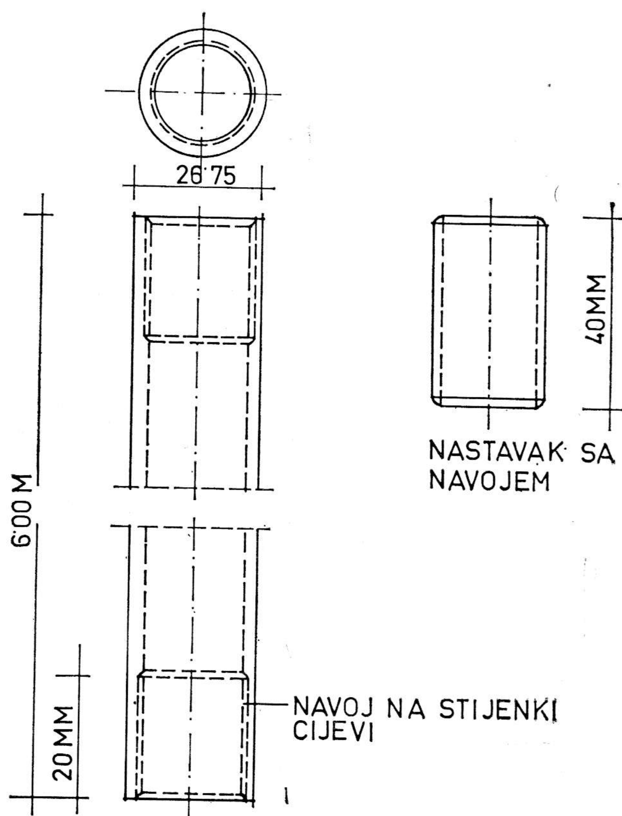
terećenje. Krajevi stupova snabdjeveni su vertikalnim vijcima kojima se kruto vežu stupovi i grede jarmova (sl. 11).

Ukupna visina jarma je 1665 mm. Na stupovima s unutarnje strane privarene su konzolice odnosno ležajevi za remenate oplate. Preko tih konzolica prenosi se na remenate i dalje na oplatu sila podizanja i ostvaruje klizanje oplate prema gore. Razmak gornjih ivica konzola iznosi 575 mm, pa je otuda fiksiran i razmak remenata. Maksimalni razmak unutarnjih ivica stupa iznosi 700 mm. Ako su remenate i oplata debljine 2 (15 + + 2,5) = 35 cm onda je maksimalna moguća debljina zida 35 cm.

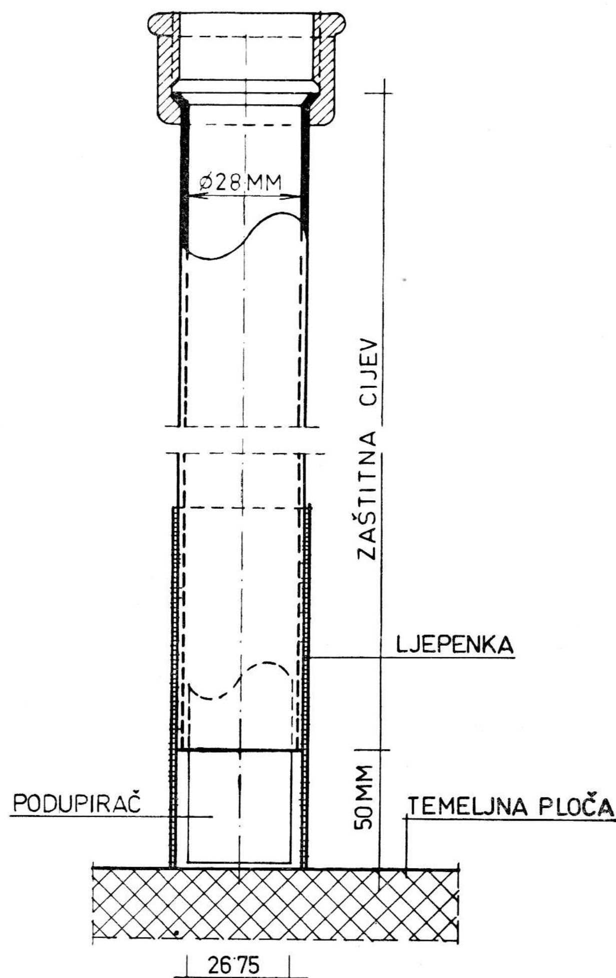
Osim standardnih jarmova postoje i čelični jarmovi složenih konstrukcija: dvostruki, križni i kontinuirani, koji se upotrebljavaju pri gradnji silosa ostalih presjeka ćelija, i stambenih zgrada.

P o d u p i r a č i

Hidraulične dizalice tipa 601 konstruirane su za klizanje po glatkim šipkama punog presjeka ili cijevima. Dizalica tipa 604 nosivosti 6,0 t ima podupirače od pune šipke ∅ 32 mm. Kod klizanja podupirači su opterećeni na pritisak, a smješteni su u osima stijenki ćelija. Svojim se početkom oslanjaju na temeljnu ploču i produžuju pomoću specijalnih nastavaka na čitavu kliznom oplatom izvedenu visinu. Za dizalice tipa 601 mogu se upotrijebiti podupirači okruglog presjeka s promjerom Dmax = 27,0 i Dmin = 24,0 mm. Tolerancija



Sl. 12: Podupirač od cijevi s nastavkom



Sl. 13: Zaštitna cijev podupirača s maticom za pritezanje na drugi dio dizalice

promjera iznosi 0,6 mm i presjeka 0,3 mm, kojom se zadržava kružni presjek podupirača. Dužina podupirača je 3,0 m za puni presjek i 6,0 m za cijevi. Podupirači moraju biti ravni odnosno s uzdužnom osovinom u vertikali.

Da bi se smanjilo trošenje zubi klinastih čeljusti, podupirači trebaju biti građeni od mekanog čelika vlačne čvrstoće 37—50 kg/mm², što odgovara sadržaju ugljika od 0,10—0,20%. Pri upotrebi moraju biti bez rđe i ostalih nečistoća.

Kako je već navedeno, za dizalice tipa 601 mogu se upotrijebiti podupirači punog presjeka ili cijevi. Podupirači od punog presjeka mogu biti i profili betonskog čelika, ali trebaju biti zadovoljeni ovi uvjeti: vertikalnost i konstantnost presjeka. U konkretnom slučaju upotrebljeni su podupirači od cijevi s promjerom D = 26,75 mm i debljinom stijenke t = 2,75 mm odnosno hladno vučene bešavne cijevi. U Švedskoj se izrađuju ove cijevi standardnih karakteristika, ali s povišenom čvrstoćom.

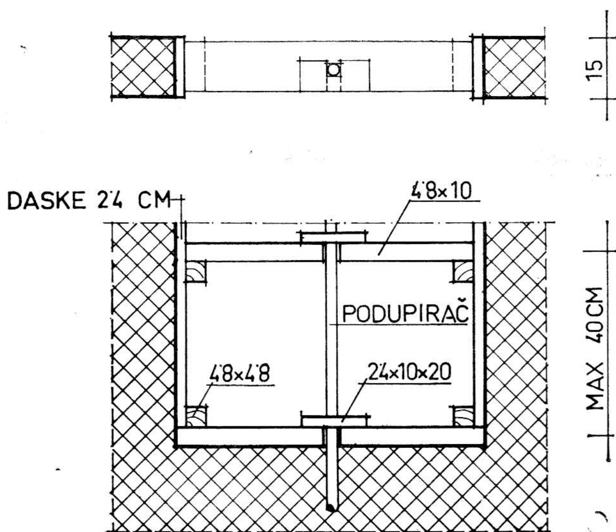
Naročitu pažnju treba posvetiti nastavljanju podupirača. Na sl. 12 pokazana je standardna cijev

s nastavkom. Dužina nastavka, koji je punog presjeka, iznosi 40 mm. Nastavak se postavlja do polovice visine u cijev čiji je kraj snabdjeven navojem. Na drugu polovicu nastavka navija se cijev, koja se nastavlja. Sličnim postupkom mogu se nastavljati i podupirači punog presjeka. Iako podupirači prolaze sredinom stijenke oni nisu izgubljeni i mogu se po završetku klizanja vaditi i upotrebljavati na drugom mjestu (sl. 13). To se postiže zaštitnom cijevi debljine stijenke 1,0—1,5 mm i nešto većeg unutarnjeg promjera od vanjskog promjera cijevi podupirača.

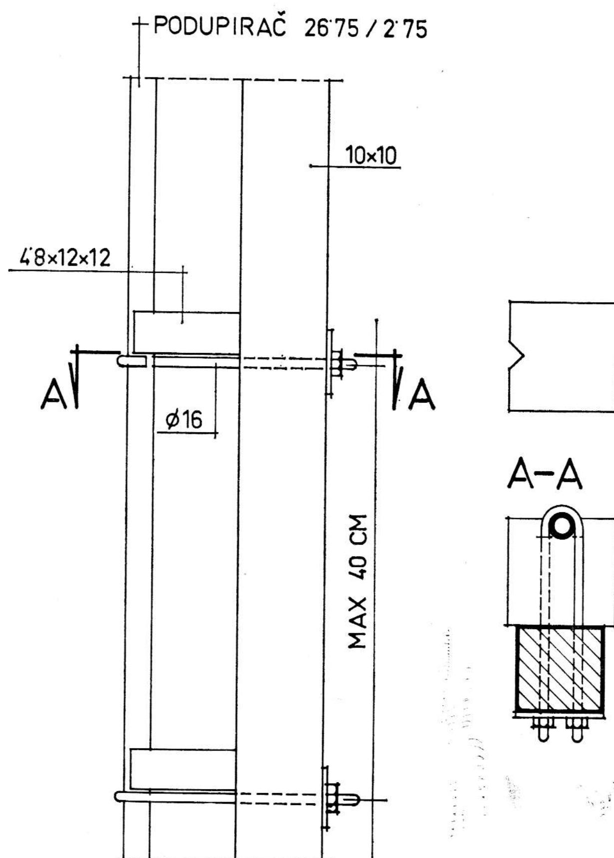
Zaštitna cijev se pričvršćuje na donji dio dizalice pomoću matice. Cijev se postavlja odmah kod postavljanja dizalice i doseže do temeljne ploče. Ukoliko je cijev prekratka, treba donji dio podupirača zaštititi ljepenkom da ne bi vezao uz beton. Napredovanjem klizanja ostaju u betonu okrugle rupe, koje se obično ne zapunjavaju naknadno, a podupirači ne vezuju uz beton jer »izlaze« iz zaštitne cijevi nakon cca 6 sati. Nakon dovršetka klizanja podupirači se pomoću poluge izvlače iz stijenke.

Obično se ne može izbjeći da izvjestan broj podupirača ne prolazi kroz otvore prozora, vrata ili kroz velike otvore podruma silosa, dakle, izvan betonskih stijenki. Da bi se spriječilo izvijanje podupirača treba ih poduprijeti na svakih 40 cm odnosno slobodnu dužinu izvijanja ograničiti na tu visinu. To se može postići na nekoliko načina.

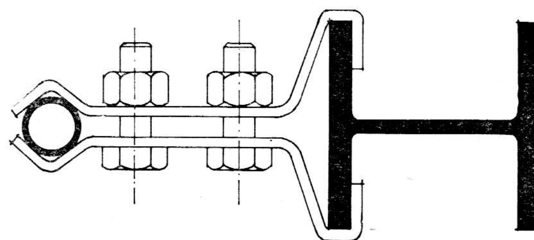
Na sl. 14. prikazan je metod kojim se ukrućuje podupirač kada prolazi kroz otvore manjih visina (prozori, vrata). Ako su otvori većih visina, što je najčešće slučaj u podrumima silosa, ukrućenje se postiže ugrađivanjem drvenih (sl. 15) ili čeličnih (sl. 16) stupova na koje su vezani podupirači. Jedan od načina je izgradnja privremenog armiranog betonskog stupa (sl. 17) koji se nakon dovršetka klizanja može srušiti. Međutim u ovom slučaju treba voditi računa o veličini stupa, koji

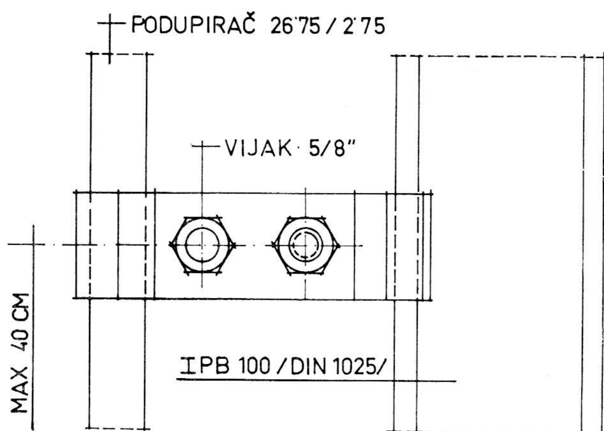


Sl. 14: Ukrućivanje podupirača od izvijanja kod manjih visina otvora

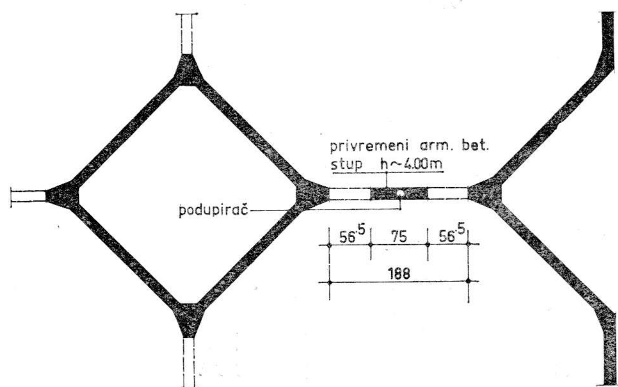


Sl. 15: Ukrućivanje podupirača od izvijanja kod većih visina pomoćnim drvenim stupom i pritezanjem





*Sl. 16: Ukrućivanje podupirača od izvijanja **kod** većih visina pomoćnim čeličnim stupom i pritezanjem*



Sl. 17: Osiguranje podupirača od izvijanja privremenim armirano-betonskim stupom

mora biti takvog presjeka da se može svladati sila trenja betona i oplate. Ako se usvoji trenje sa 150 kg/m² dobiva se:

$$2400.a.b.h = 150 \cdot (2a + 2b) \cdot h$$

$$a = \frac{b}{8\,b - 1}$$

Debljina betonske stijenke je $b = 0{,}15$ m
pa izlazi da je $a = 0{,}75$ m.

Prema tome stup treba da je presjeka 15 × 75 cm i s laganom armaturom. Ako je visina stupa veća, treba obaviti podupiranje da bi se spriječilo izvijanje oko osi manje krutosti.

Dozvoljena nosivost podupirača treba odgovarati nosivosti dizalice koja je, kao što je poznato, za dizalicu tipa 601 Pdop = 3000 kg kod hidrauličkog pritiska od 100 kg/cm². Iako je presjek podupirača poznat, teško je tačno odrediti dozvoljenu nosivost koja zavisi i o nedefiniranoj dužini izvijanja podupirača na visini od donjeg ruba greda jarma i gornje površine ugrađenog betona. Osim ove visine dužina izvijanja zavisi o vremenu vezivanja i brzini ugrađivanja betona, debljini i armaturi betonskog presjeka itd.

Broj i raspored dizalica unutar klizne oplate može se odrediti, prema dosadašnjim iskustvima, na osnovu nosivosti podupirača ⌀ 25 mm od Pdop = 3,0 t i cijevi ⌀ 26, 75/2,75 sa Pdop = 2,50 t s tim da su jarmovi standardni i da visina od donjeg ruba grede jarma do gornjeg ruba oplate bude cca 40 cm.

Kod određivanja očekivanog opterećenja podupirača, a s tim u vezi i dizalica, treba odrediti težinu klizne oplate s radnim podom i visećom skelom, trenje između betona i oplate kao i koristan teret na radnom podu (ljudstvo, armatura, koncentrirani teret od istresanja betona i sl.).

Kao što vidimo, poznata su sva opterećenja osim trenja između betona i oplate, koja su obično u granicama od 150—250 kg/m po svakoj stranici oplate. Veličina te sile, koja se javlja za vrijeme klizanja, zavisi, kao što je poznato, o mnogo faktora a to su kvalitet oplate i betonske smjese, vrijeme vezivanja cementa, brzina ugrađivanja betona, debljina stijenke, temperatura itd. Da bismo mogli relativno tačno ustanoviti veličinu trenja možemo za vrijeme klizanja odnosno podizanja oplate očitati na manometru pumpe veličinu hidrauličnog pritiska. Radna površina klipa pumpe tipa 601 je 30 cm², pa otuda možemo ustanoviti ukupnu silu potrebnu za podizanje oplate, dakle silu kojom se svladava ukupno vertikalno opterećenje i trenje. Kako je vertikalno opterećenje općenito poznato (težina klizne oplate i ostalo) možemo ostatak od ukupne sile dijeliti s ukupnom dužinom oplate i dobiti veličinu trenja po m stranice oplate. Ovim se putem može računom predvidjeti veličina tlačne sile u podupiraču za poznati razmak jarmova (1,50—2,50 m) koja u svakom slučaju mora imati izvjesnu rezervu do dozvoljenog opterećenja.

Klizna oplata

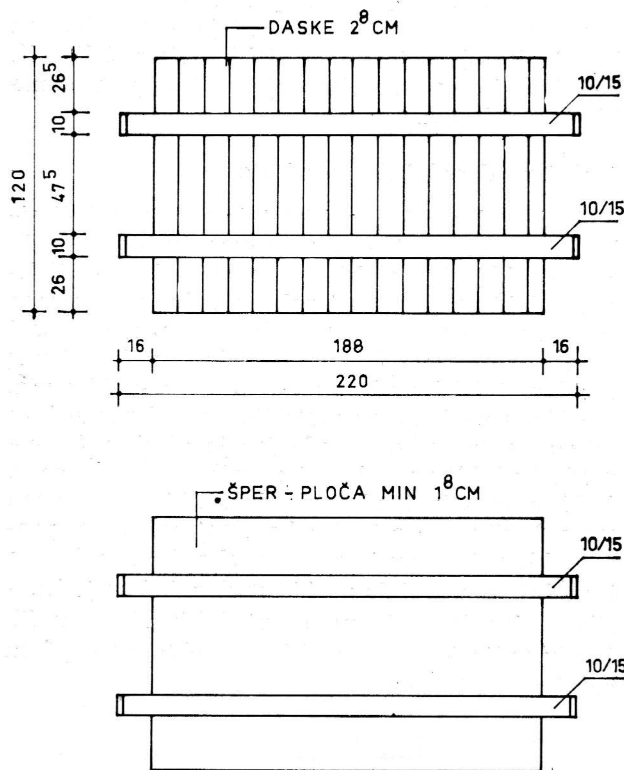
Ostaje nam da se još ukratko osvrnemo i da ukažemo na neke novosti kod projektiranja i montaže. Kao i u ranijim slučajevima, osnovni materijal je drvo. Upotreba čelika za oplatu i remenate za sada ne dolazi u obzir. Osnovno je odabrati materijal za oplatu stijenki. To mogu biti daske ili ploče ukočenog drveta (sl. 18). Pokrivanje oplate pocinčanim limom je napušteno iz razloga ekonomičnosti i zbog toga što se trenje ne smanjuje u značajnoj mjeri.

Ako se odlučimo za daščanu oplatu onda daske treba da budu debljine 28 mm, širine 10—12 cm, s razmakom od 2—3 mm i visine 120 cm, iz četinara II klase, blanjane i premazane s dva sloja lanenog ulja. Na remenatu se vežu pribijanjem s dva čavla dimenzija 38/70 mm.

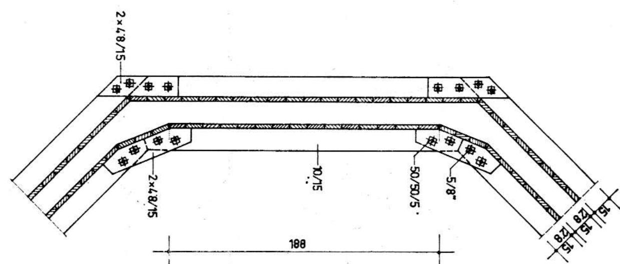
Ploče iz ukočenog drveta treba da budu minimalne debljine 18 mm, a može se uzeti impregnirani tvrdi lesonit ili vodootporne šperploče s obrađenom vanjskom površinom (»Bosanka« — Blažuj). Poželjno je da se i rubovi šperploča obrade u tvornici posebnim hidrofobnim sredstvom, da ne bi došlo do bubrenja ili čupavosti piljenih stranica. Dužina tih ploča je max. 2,0 m, a u konkretnom slučaju za ravne stranice osmerokutnih ćelija dužina je 1,88 m.

Remenate su jednostruke, presjeka 10 × 15 cm i sa oplatom čine jedan montažni komad na dužini stranice ćelija (sl. 19). Na prelomima povezuju se pomoću dvostrukih obraza debljine 4,8 cm i s 4 vijka od 5/8" i podložnim pločicama 50 × 50 × 5.

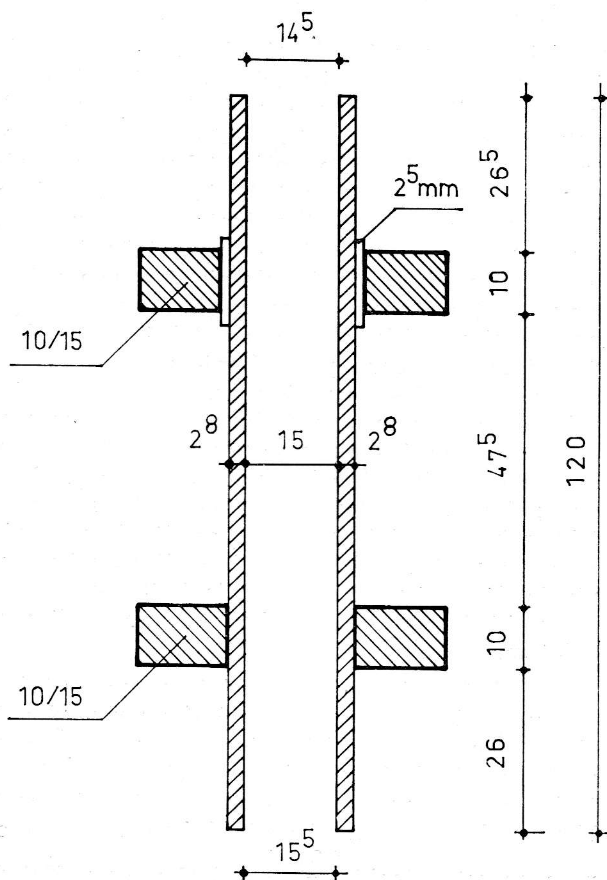
Treba upozoriti na jednu grešku koja se često javlja, a posljedica je navike da se rupe za vijke buše pojedinačno na montažnim dijelovima, a trebalo bi to činiti tek kad se oplata postavila na gradilištu po čitavoj površini neposredno prije klizanja i nakon što je obavljena kompletna kontrola dimenzija i konusnosti oplate. Ako se ne radi ovim redoslijedom sav je trud oko projektiranja i izvedbe oplate uzaludan.



Sl. 18: Montažni komadi oplate od blanjanih dasaka ili vodootpornih šperploča



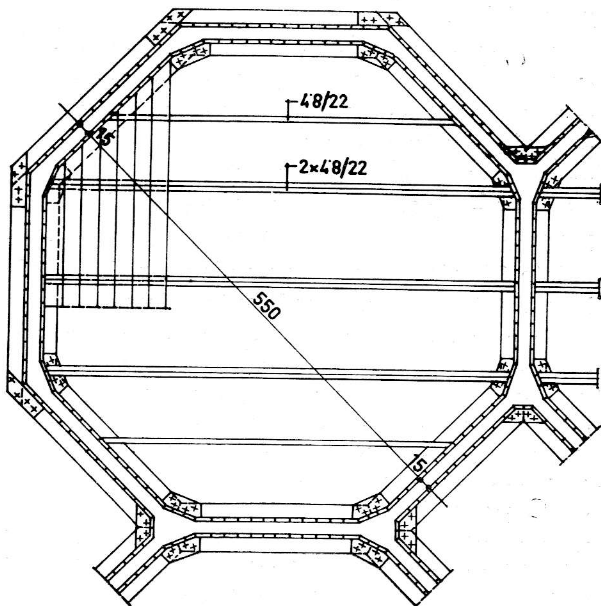
Sl. 19: Povezivanje montažnih komada oplate dvostrukim obrazima i vijcima



Sl. 20: Konstruiranje konusnosti oplate

Da bismo osigurali konusnost oplate treba oplatu izvesti u nagibu i to tako da je gornji dio širine 14,5 cm a donji 15,5 cm, pa se debljina stijenke mjeri u sredini visine oplate (sl. 20). To se postiže ugrađivanjem ploče od tvrdog lesonita debljine 2,5 mm kod gornje remenate uz uslov da su unutarnje stranice remenata u vertikalnoj ravnini. Ako se radi s oplatom od šperploča, treba osigurati trapezni oblik tih ploča odnosno donja širina ploče treba da bude nešto manja od gornje.

Nosači radnog poda u velikoj ćeliji projektirani su kao obični gredni nosači od dvostrukih ili jednostrukih platica debljine 4,8 cm i visine 22 cm, što odgovara korisnom opterećenju od 250 kg/m² i koncentriranom teretu od 0,5 m³ betona (sl. 21). Nosači se polažu na remenate oplate. Za razliku od ranijih rešetkastih nosača (4 kom za jednu ćeliju)



Sl. 21: Raspored nosača radnog poda

sada imamo 5 grednih nosača (3 dvostruka i 2 jednostruka), što daje veliku uštedu u drvetu. Preko nosača radnog poda polažu se platice dimenzije 4,8 cm.

Raspored jarmova

Pri rasporedu i položaju jarmova po tlocrtu jedne grupe ćelija treba težiti da svi podupirači u procesu klizanja budu opterećeni manje-više jednako. Neravnomjerno opterećenje većega reda može dovesti do oštećenja oplate i betona, izvijanja podupirača i do narušavanja horizontalnosti oplate, jer se manje opterećeni podupirači podižu prije. Da bismo se osigurali od tih nedostataka, treba se u projektu rasporeda i položaja jarmova pridržavati ovih načela: a) raspored jarmova treba biti na razmaku od 1,50—2,50 m, a položaj jarma takav da osigurava lagano postavljanje podupirača odnosno izvan mjesta s gustom armaturom; b) opterećenje na radnom podu treba po mogućnosti prenijeti približno jednako na sve podupirače, a s tim u vezi odrediti optimalan položaj nosača radnog poda; c) osigurati konusnost oplate. Kada se projektira klizna oplata osnovno je poći od rasporeda jarmova, pa tako odrediti položaj dizalica i podupirača. To treba učiniti za bilo koji oblik ćelija silosa ili tlocrta objekta koji se gradi kliznom oplatom.

Na sl. 22. vidi se raspored jarmova za jednu grupu od 4 × 3 ćelija osmerokutnog prosjeka. S obzirom na veći koristan teret, koji se prenosi preko nosača radnog poda na izvjestan broj stijenki, uzeti su na tim mjestima udvojeni jarmovi. Ukupan broj dizalica iznosi 94 komada ili mjereno po osi stijenki $\frac{2{,}34.79}{96} = 1{,}93$ m/kom. Taj se broj dizalica približava broju ručnih dizalica od 96 komada, koliko je bilo potrebno kod klizanja iste grupe ćelija.

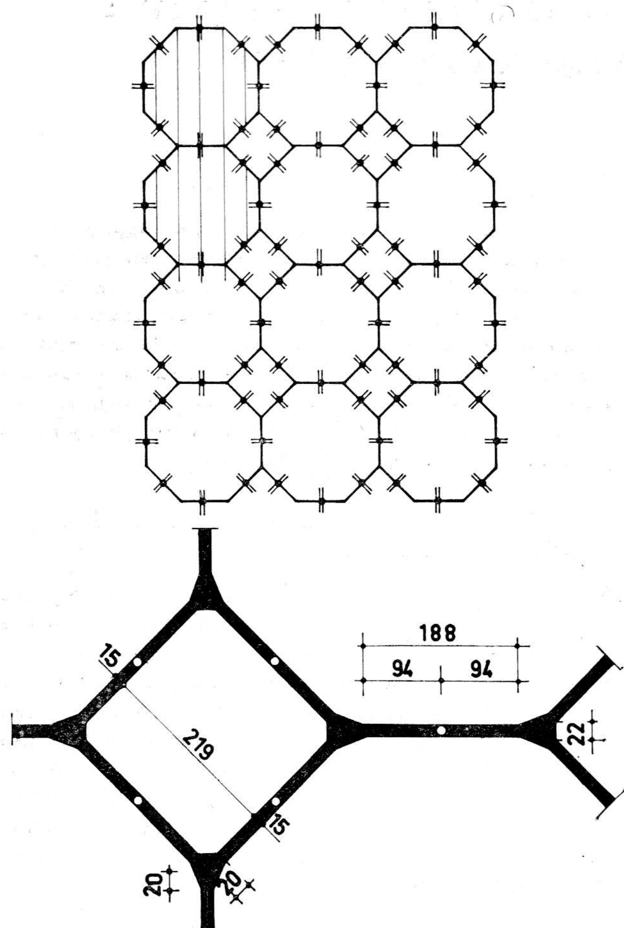
Značajna ušteda se postiže rasporedom prema sl. 23. odnosno s jednom dizalicom u sredini svake stijenke. U ovom slučaju treba obaviti kontrolu podupirača koji je najviše opterećen nosačem radnog poda. Broj potrebnih dizalica iznosi 79 komada, odnosno na 2,34 m/kom. Maksimalno opterećenje kritičnog podupirača određuje se iz težine klizne oplate i korisnog tereta na radnom podu s dodatkom trenja u vrijeme podizanja oplate.

Kod oba prethodna rasporeda neki podupirači prolaze u podrumu silosa izvan stijenki ćelija, pa ih treba osigurati od izvijanja. Da bismo izbjegli podupiranja, mogu se dizalice rasporediti prema sl. 24, tako da podupirači prolaze kroz vute u stijenkama ćelija. Potreban broj dizalica je 62 komada. Dizalice na obodnim stijenkama (28 komada) nose manji teret, jer su raspoređene na razmaku od 2,34 m, a preostali broj dizalica (34 komada) treba da savlada trenje na dužini osi stijenki od 2,34 + 1,17 = 3,51 m što je izvan postavljenih normi. Jarmove srednjih dizalica trebalo bi dopuniti dodatnim nosačima i zategama, tako da mogu prihvatiti remenate malih ćelija i oštrih uglova na obodnim stijenkama. Proračunom bi trebalo dokazati opterećenje podupirača srednjih dizalica, pa eventualno upotrijebiti dizalicu tipa 604, nosivosti 6,0 t, s podupiračima punog presjeka ∅ 32 mm. Na sličan način rješava se raspored jarmova (dizalica i podupirača) kod silosa ostalih oblika ćelija ili kod bilo kojeg presjeka objekta kojeg izvodimo kliznom oplatom.

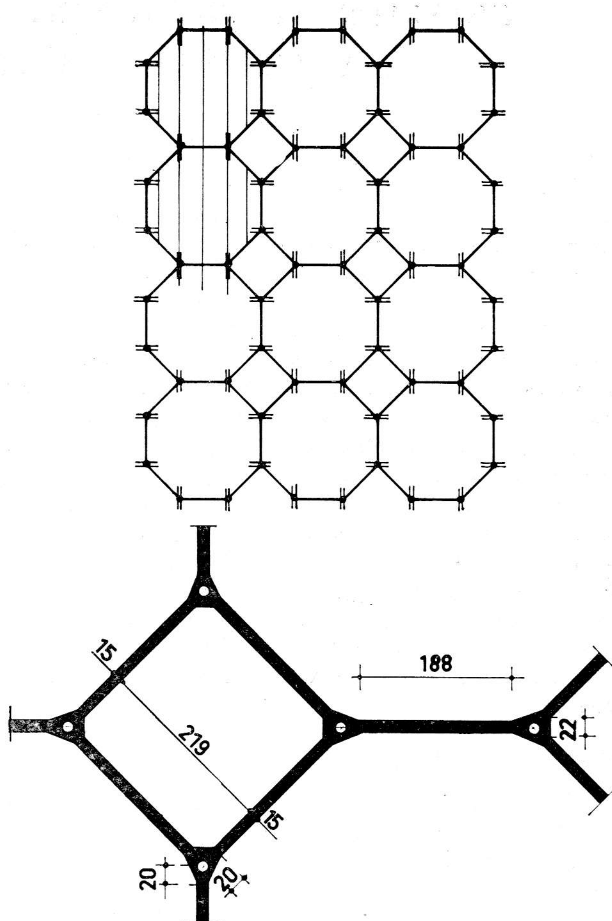
4. Ocjena dosadašnjih rezultata

Prema dosadašnjim iskustvima u izgradnji silosa u Sl. Požegi i Sl. Brodu pomoću hidrauličnih dizalica, koje je izvodilo građevno poduzeće »Tehnika« dobiveni rezultati pokazuju da je ostvarena značajna ušteda na materijalu oplate, manji broj radne snage, veća brzina izgradnje, veća tačnost izvedbe, i lakši rad radnika u procesu klizanja. U odnosu na količinu materijala za kliznu oplatu ostvarena je velika ušteda jer je utrošak drvene građe kod klizne oplate i ručnih dizalica iznosio 0,481 m^3/m, a kod oplate s hidrauličkim dizalicama samo 0,158 m^3/m osi stijenke. Broj radnika u procesu klizanja smanjuje se za oko 40%, a brzina izgradnje se povećala na 4,54 m/dan, koliko je iznosila brzina klizanja na grupi ćelija silosa u Sl. Brodu, gdje je ukupna visina objekta od 36,30 m svladana za 8 dana.

Sl. 22: Raspored jarmova (dizalica i podupirača) za jednu grupu od 4×3 osmerokutnih ćelija. Broj dizalica iznosi 94 komada



Sl. 23: Raspored jarmova na grupi ćelija 4×3 sa 79 komada dizalica



Sl. 24: Raspored jarmova na grupi ćelija 4×3 sa 62 komada dizalica

Međutim treba napomenuti da brzina klizanja zavisi, i to značajno, o kapacitetu krana, jer kod brzine od 4,50 m/dan i za grupu ćelija od 4×3, treba dnevno ugraditi do 120 m^3 betona, a često se događa da se brzina klizanja mora smanjiti zbog sporosti i nedovoljnog kapaciteta krana.

Kompletna oprema za mehanizirano i automatsko podizanje zahtijeva pažljivi remont dijelova hidrosistema, čime se izbjegavaju kvarovi u toku rada i produžuje vijek trajanja. Isto tako treba osigurati stalan izvor električne energije ili se u slučaju potrebe poslužiti vlastitim agregatom, kojega treba postaviti na gradilištu. Na silosu u Sl. Brodu povremeno se je koristio agregat od 80 KVA.

Na osnovu postignutih rezultata možemo reći da ovakav sistem izgradnje silosa pokazuje povoljne tehničke i ekonomske rezultate, a da će oni biti i bolji, a naročito kompletiranjem iskustva i primjenom na izgradnji većih i viših objekata.

Literatura:

1. Firma AG Byggförbättring: Instruktionen und Betriebsanleitung
2. Kalmikov, i dr.: Vozvedenije željezobetonih sooruženij v skoljzjaščej opalubke (Moskva 1965)
3. Böhm: Das Arbeiten mit Gleitschalungen (Berlin 1958)
4. Margitić: Klizne oplate s mehaničkim dizalicama (Građevinar 1967/4)

PRIMJER SUVREMENOG PROJEKTIRANJA STANOVA ZA TRŽIŠTE U ČETVEROKATNOM NIZU

Ing. Ljubica Balagović, GP »Tehnika« — Zagreb

Poduzeće »Tehnika« — Zagreb je do sada gradilo pretežno javne i industrijske građevine, a manjim dijelom stambene. Prije 4 godine poduzeće je započelo masovniju izgradnju stambenih objekata. Za prve dvije grupe objekata na Ferenšćici i Kunišćaku u Zagrebu poduzeće još nije imalo razrađene vlastite projekte. Međutim, prije 3 godine projektni biro poduzeća započeo je rad na izradi projekata stambenih građevina. Osim građevina za određene lokacije projektirani su i tipski stambeni objekti.

Izgradnja prva četiri tipska četverokatna niza sa stanovima za tržište uskoro će započeti na raskršću Držićeve i Beogradske ulice u Zagrebu. U projektnom birou poduzeća razrađene su detaljne analize s namjerom da kupcima i korisnicima stanova pruže funkcionalan, kvalitetan, suvremeno arhitektonski oblikovan stan uz najniže troškove građenja.

Način građenja

Poduzeće nema u perspektivi gradnju potrebnog broja istih (tipskih) stanova koji bi osigurali rentabilitet potpuno montažnog sistema. Iz toga razloga prišlo se studiranju poboljšanja tradicionalnog načina građenja. Rezultat tih studija je monolitna nosiva konstrukcija unutar objekta i vanjsko lagano ziđe, čiji je cilj da omeđi prostor i termički ga izolira. Monolitna konstrukcija su lijevani betonski zidovi u velikoformatnim oplatama i armirano-betonske stropne ploče betonirane također na velikoformatnoj oplati.

Veličina stanova

Veličina stanova analizirana je na bazi potražnje stanova u Zagrebu i na temelju savjetovanja o racionalnoj izgradnji (u Beogradu 1960 i 1963. godine). Prema statističkim podacima, iznesenim na tim savjetovanjima, u pogledu broja stanovnika koji opterećuju jednu sobu naša zemlja se je nalazila na posljednjem mjestu u Evropi. Jugoslavenski prosjek je 2,33, dok je evropski prosjek 1,5 stanovnika na jednu sobu. Ako se uzme da je prosjek jugoslavenskog domaćinstva 4,4 člana, onda na svaku sobu dolazi 2,33 člana, i to i dnevnu i spavaću. Sve do prije 3 godine gradilo se u Jugoslaviji pretežno dvosobne i manje stanove. Naročito velik broj dvosobnih stanova izgrađen je na području grada Zagreba. Iz tih razloga nastala je sve veća potražnja za većim stanovima. Poduzeće se stoga odlučilo za izgradnju stanova s većim brojem soba — 2 1/2-sobne stanove za 3—5 osoba i 3 1/2-sobne stanove za 4—6 osoba. Neto površina 2 1/2-sobnih stanova je 58,80 m² + lođa 6,48 m². Neto površine 3 1/2-sobnih stanova je 71,78 m² + lođa 6,48 m².

Broj stanova na stubište

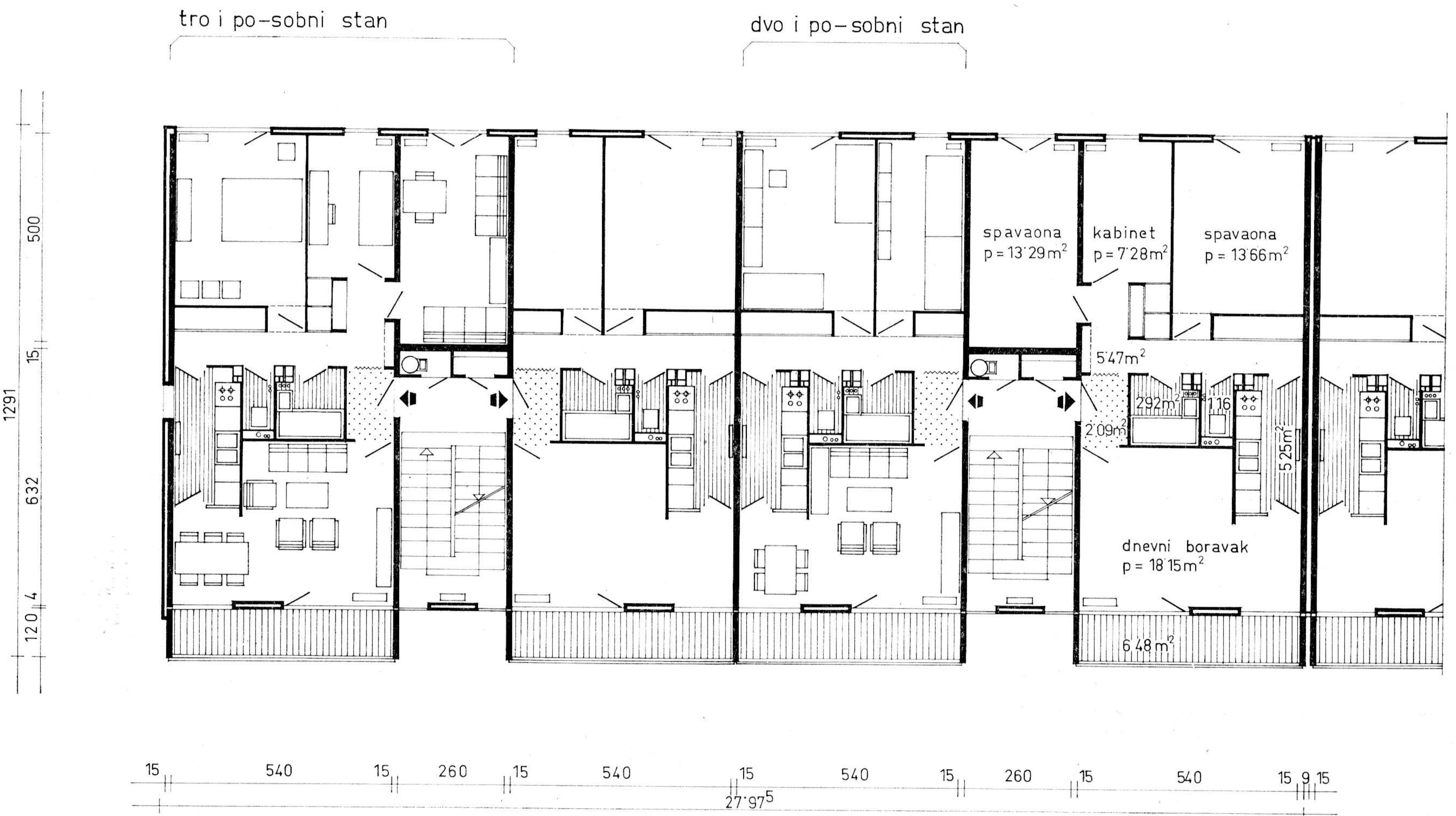
Analiza broja stanova je kompleksna. Osim ekonomičnosti paralelno su studirani: konstruktivni sistem, veličina stana i zvučna izolacija. Nastojalo se i postiglo da zidovi koji dijele stanove međusobno budu ujedno i nosivi, te da to budu i jedini masivni zidovi. Takva analiza je pokazala da su arhitektonski i ekonomski najpovoljnija rješenja sa dva stana na stubištu. Time je rješen i problem poprečnog zračenja stanova.

Konstruktivni sistem, materijali i način izvedbe

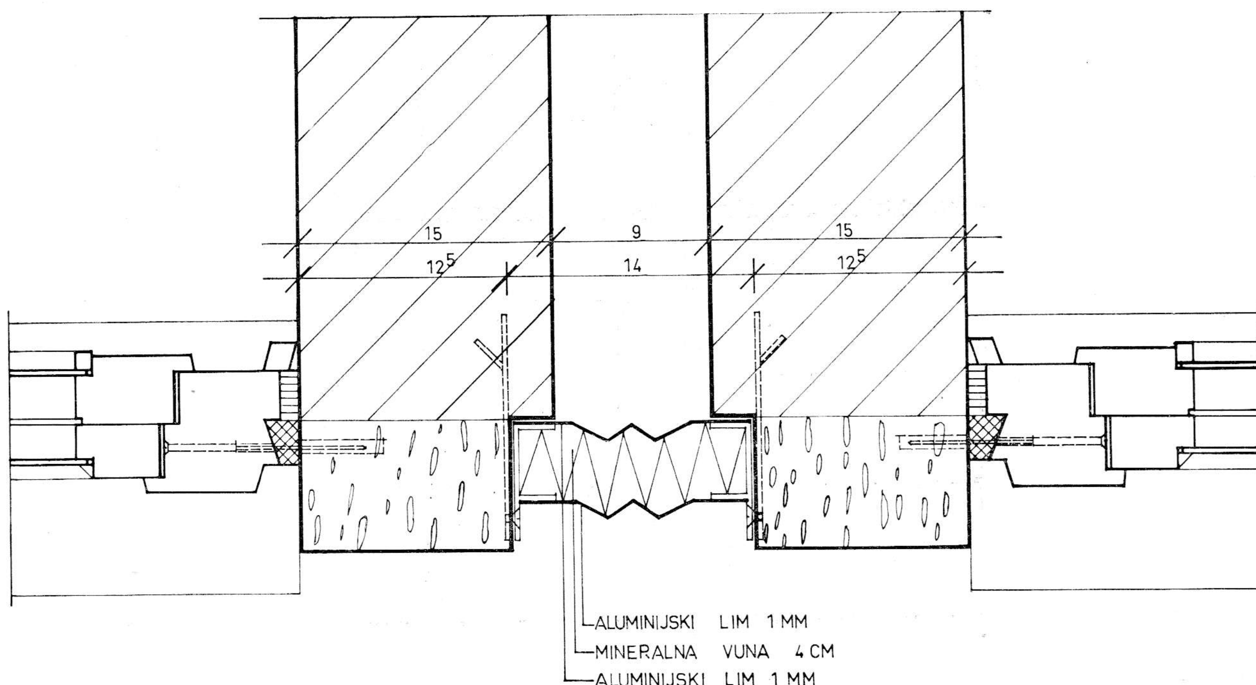
Kako materijali s kojima će se graditi nosive konstrukcije nemaju povoljna svojstva termičke izolacije, odlučeno je da se nosivi konstruktivni sistem riješi unutar građevine. Vanjski zidovi su nenosivi. Nosiva konstrukcija su lijevani betonski poprečni zidovi i armirano-betonske monolitne ploče. U uzdužnom smjeru horizontalne sile preuzimaju se armiranim jezgrama, koje su preko stropnih ploča povezane s poprečnim zidovima. Izvedba betonskih zidova i stropova predviđa se sa velikoformatnim oplatama, koje je poduzeće već sa uspjehom primjenjivalo na ranije izvedenim gradnjama. Oplate zidova su visine sprata i prenose se iz kata u kat, a oplate stropova su dužine polovine raspona, te se pomoću kranova horizontalno izvlače ispod gotove stropne ploče i prenose u naredni kat. Oplate sadrže potrebnu skelu za betoniranje, te sve elemente koji su potrebni za ugradbu raznih montažnih elemenata. Stropne ploče su ravne bez nadvoja i ruba koji bi smetali ovom načinu izvođenja. Statički potrebni nadvoji sakriveni su u debljini stropne ploče.

Raster poprečnih zidova temeljito je prostudiran, uzimajući u obzir arhitektonsko rješenje stana i potrebnu debljinu armirano-betonske stropne ploče (zvučna izolacija). Izrađeno je više varijanti projekta s rasterom od 3,60 m, 4,20 m i 5,40 m. Rasteri od 3,60 i 4,20 m ne pružaju arhitektonski povoljna rješenja, s onom površinom stana koja se nalazi u granicama normativa. Tako smo dobili rezultat da je kod raspona od 3,60 m potrebno 17,00 m² za jednak ležaj a kod raspona od 4,20 m treba 12,15 m² neto površine za ležaj. Na rasteru od 5,40 m otpada 11,80—12,00 m² za ležaj. Količina nosivog ziđa na rasteru od 5,40 m je manja za 41% od one na rasponu od 3,60 m i 26,5% od one na rasponu od 4,20 m.

U rasterima od 3,60 i 4,20 m obično pomoćne prostorije imadu veću površinu od postojećih normativa, dok su spavaonice i dnevni boravak istih ili približno istih površina. Kod ovih raspona tako-



Sl. 1: Tlocrt jedne dilatacije karakteričnoga kata



Sl. 2: Dilataciona reška

đer je teško pronaći mogućnost za smještaj neke manje sobe.

Raster od 5,40 m osim spomenutih prednosti imade i tu prednost da su obodni zidovi stanova ujedno i zvučni izolatori. Kod ovog konstruktivnog sistema i rastera arhitekt ima neograničene mogućnosti rješenja stanova i neograničene mogućnosti oblikovanja fasada. U ovom slučaju funkcija nosivnih zidova je trostruka — nosivost, omeđivanje prostora i zvučna izolacija.

Zbog načina izvedbe stubište je riješeno montažno. Podest u visini sprata se betonira zajedno s betoniranjem stropa, a polupodest je montažna armirano-betonska ploča položena na čelične L profile usidrene u stubišnom zidu. Stubišni kraci su armirano-betonske montažne nazubljene ploče širine 60 cm, debljine 12 cm, na koje se polažu armirane teraco ploče deb. 5 cm i širine 120 cm.

Svi pregradni i vanjski zidovi su nenosivi.

Mogućnost rješenja fasade je mnogostruka. Predloženo rješenje sastoji se od punog ziđa i stolarskih elemenata. Puno ziđe su siporeks ploče visine sprata i debljine 20 cm. Također je moguće, ako se nađe ekonomski i kvalitetno bolje rješenje, te siporeks ploče zamijeniti kojim drugim montažnim elementima. Stolarski elementi su predviđeni u obliku prozora, čija visina je jednaka visini sprata i u obliku prozora s punim parapetom koji čini s prozorom jedan montažni elemenat. Prozori visine sprata ugrađuju se zajedno sa zaštitnom ogradom.

Pregradno ziđe su siporeks ploče visine sprata, debljine 7,5 cm. Kod tih ploča također postoji mogućnost zamjene s montažnim pločama iz drugih materijala.

Sva stolarija ugrađuje se suhom montažom, definitivno obojena i ustakljena. Stolarija se na gradilište doprema zaštićena transportnom ambalažom i ambalažom za ugrađivanje. Vrata su visine sprata. Iznad vratnog krila su predviđena nadsvjetla. Fasadni stolarski elementi koji sadrže i parapet imadu parapet tako riješen da je nepropustljiv za vlagu i da pruža zadovoljavajuću termoizolaciju. Okapnice su aluminijski profili.

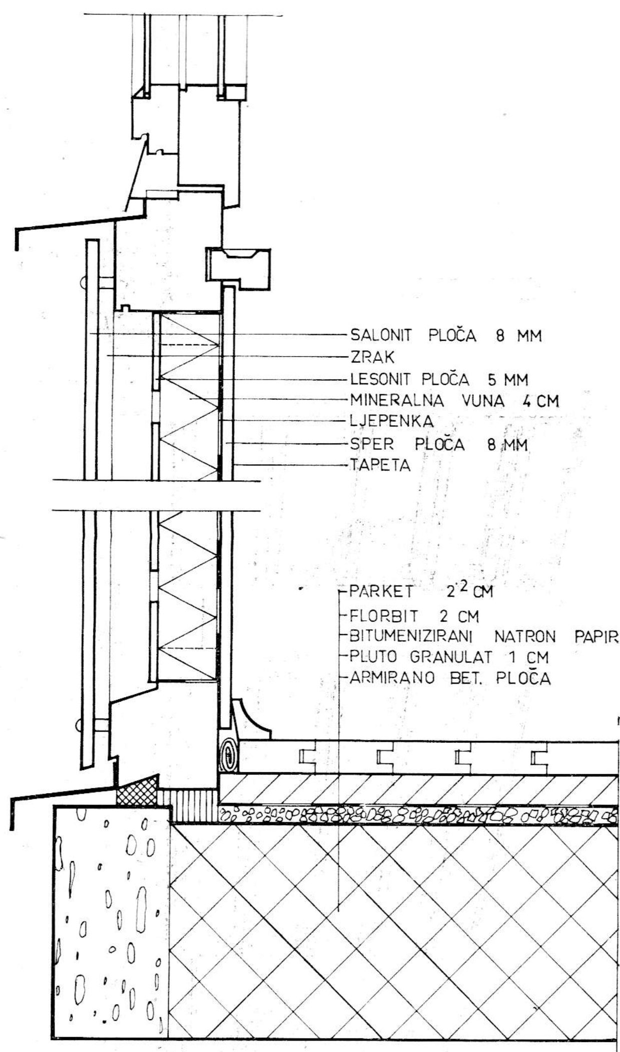
Betonski zidovi i stropovi betonirani su velikoformatnim oplatama, ne žbukaju se. Unutar građevine se samo bojadišu vapnenim bojama a na vanjskoj strani (na lođama) ostaju neobrađeni. Zidovi od siporeksa će se u građevini »prešpahtlati« i bojadisati vapnenim bojama, a na fasadi će se izvesti plastična žbuka.

Poduzeće za sada nije prešlo na oblaganje zidova tapetama zbog visoke cijene tapeta.

Kupaonice i kuhinje su obložene keramičkim pločicama, koje za sada još uvijek nisu našle kvalitetnu i jeftiniju zamjenu.

Instalacije

Pri projektiranju instalacija vodilo se računa da svi elementi budu tipizirani. Za ugradbu instalacija u projektima su predviđeni otvori ili utori u zidovima i stropovima. Također je provedena temeljita analiza broja mokrih čvorova po stanu. Izrađeno je više tipova idejnih rješenja s različitim brojem sanitarnih čvorova. Znatan uticaj na rezultat od jednoga čvora imalo je funkcionalno rje-



Sl. 3: Presjek kroz montažni parapet i stropnu konstrukciju

šenje stana. Svi stanovi imadu jednako riješen sanitarni čvor. Vertikalni vodovi prolaze kroz prostor iza WC-a, formiran u obliku »šahta«. Šaht je zatvoren na jednoj strani (u WC-u) salonit pločama koje se mogu u slučaju popravka demontirati.

Broj kablova jake i slabe struje se svakim danom sve više povećava, a debljine zidova su se smanjile, tako da je za vertikalne vodove predviđen posebni prostor na stubištu. U tom prostoru trebale bi se nalaziti i razvodne table s brojilima, ali još nije postignut sporazum s »Elektrom«. Električne instalacije izvode se od PVC-kablova koji se u stanovima polažu u utore ostavljene u betonskim zidovima, odnosno utore izvedene u zidovima od siporeksa.

Za odvod smeća predviđena je salonitna cijev s otvorima za ubacivanje u svakom katu. Cijev je smještena u stubišnom prostoru.

Umjetna ventilacija prostorija je riješena s dovodom zraka u prostoriju i odvodom zraka iz prostorije. Zrak se dovodi kanalima ispod stropa razizemlja, te odvodi vertikalno kanalima u pojedine prostorije. Iz prostorija zrak se odvodi vertikalnim kanalima do krova gdje postoji jedan horizontalni sabirni kanal s električnim ventilatorom.

Toplinska izolacija

Svi vanjski zidovi su od materijala čiji koeficijent prolaza topline ne prelazi 1,34 kcal/m²h°. Izolacija zabatnih zidova predviđena je oblogom siporeks ploča deb. 12,5 cm, visine kata, koja se ugrađuje istovremeno s betoniranjem. Ploče se polažu na vanjskoj strani zida, tako da se izbjegnu toplinski mostovi u visini stropne konstrukcije. Toplinski mostovi na zidovima i stropovima između stanova i lođa rješeni su prekidom konstrukcije i osstavljanjem zatvorenog zračnog prostora širine 4 cm. Poprečni zidovi i stropna ploča završavaju na fasadi oblogom od siporeks izolacionih ploča koje se ugrađuju za vrijeme betoniranja zidova i stropova. Dilataciona reška rješena je s dva sloja aluminijskog lima, te slojem mineralne vune (min. 4 cm) između njih.

Zvučna izolacija

Zvučna izolacija pojedinih stanova međusobno rješena je djelomično masivnim zidovima i stropovima, a djelomično konstrukcijom podova. Izolacija od prostorne buke postignuta je težinom betonskih zidova koji dijele stanove međusobno, od 375 kg/m², i težinom armirano-betonskih stropnih ploča, od 350 kg/m². Rješenje problema buke uslijed udara postiglo se plivajućim podom. Rješenja s pjeskom i mekim lesonitom, koja su u nas mnogo upotrebljavana, pokazala su se nekvalitetna te se odlučilo za primjenu »Florbit-termaksa«. To je estrih čija zvučna izolacija iznosi 29 dB. U našem projektu smo zbog sniženja troškova primjenili plivajući estrih koji se sastoji od sloja pluto-granulata deb. 1 cm prikrivenog bitumeniziranim natronpapirom i estriha u debljini min. 2 cm.

Također je u tlocrtnom rješenju vođeno računa da uz stubišne prostore dođu bučne prostorije stana, a spavaonice na suprotnom dijelu stana.

Funkcionalno rješenje stana

U stanu je predviđena po jedna veća soba za dnevni boravak, spavaonica (jedna ili dvije), kabinet te pomoćne prostorije stana. Smještajem instalacionog čvora u sredini stana, osim ekonomičnosti postignuta je i odvojenost spavaonica od bučnih prostorija stana. Time je također postignuta dobra povezanost dnevnog boravka s kuhinjom i spavaonica s kupaonicom, preko garderobnog prostora.

Kuhinje su suvremeno rješene sa svim elementima koji omogućavaju normalan rad domaćice.

Kupaonice su predviđene s ugrađenim kadama normalne duljine i umivaonikom. U kupaonicama

postoji mogućnost smještaja stroja za pranje rublja.

WC-i su odvojeni od kupaonica. U garderobnim prostorima smješteni su ormari; po njihovoj čitavoj širini moguće je vješanje odjevnih predmeta.

Ekonomičnost objekta

Tehnički odjel poduzeća izradio je na bazi istih jediničnih cijena, kalkulacije za dva tipa objekta. Tip »A« je opisana četverokatnica, studirana u projektnom birou poduzeća. Tip »B« je četverokatnica kakvu je poduzeće izvelo na Kunišćaku u Zagrebu, također sa stanovima za tržište. Kod jednog i drugog tipa način izgradnje je isti (lijevani betonski zidovi i stropovi).

Kalkulirani objekti su sadržali:

Tip »A« 44,5% $3^1/_2$ sobnih stanova (71,78 m^2)
33,3% $2^1/_2$ sobnih stanova (58,80 m^2)
22,2% jednosobnih stanova (29,09 m^2).
Napomena: Kod kalkulacije je uzeta u obzir mogućnost izgradnje jednosobnih stanova na račun $2^1/_2$ sobnih stanova.

Tip »B« 66% dvosobnih stanova (62,48 m^2)
33% dvosobnih stanova (63,59 m^2).

Kvalitet stana

Tip »A«

Instalacije: topla i hladna voda, kanalizacija, centralno grijanje, elektrika, plin, gradski telefon, kućni telefon, zajednička RTV antena, gromobran i umjetna ventilacija.

Oprema: Kuhinja: kombinirani štednjak na plin i elektriku, napa iznad štednjaka, stojeći ormar sa dvodjelnim sudoperom, 2 stojeća ormara, viseći ormari u dužini 2,40 m. Kupaonica: ugrađena kada normalne duljine, umivaonik, WC: zahodska školjka. Garderoba: ugrađeni ormari.

Kvalitet stana

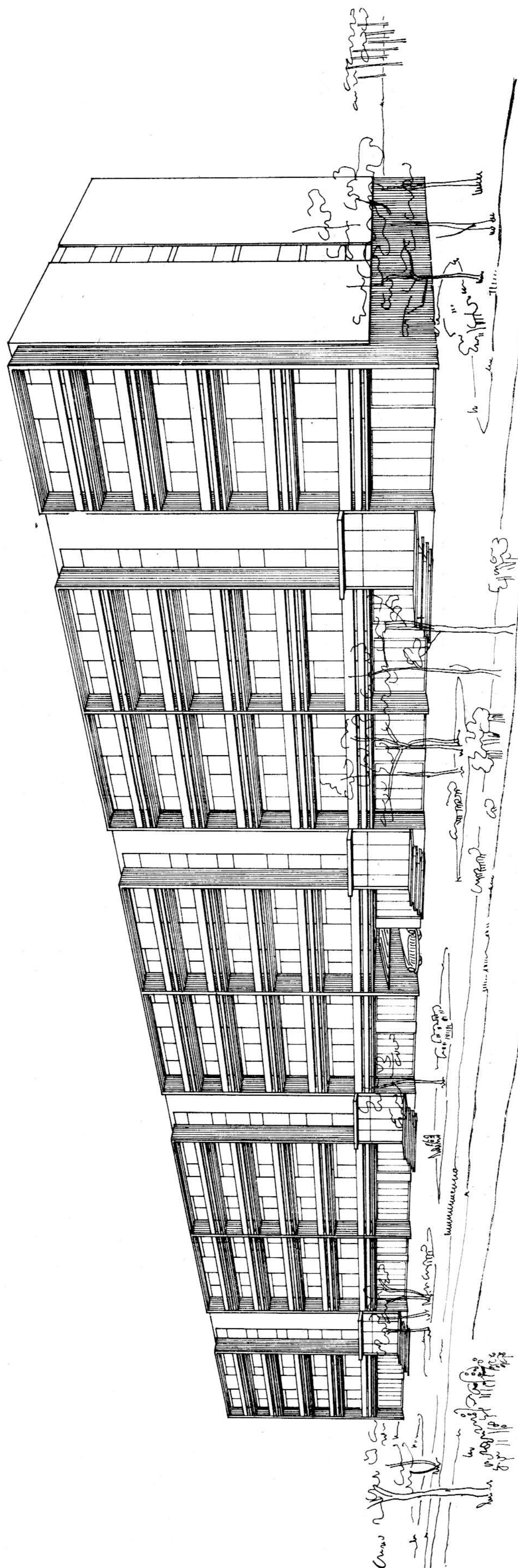
Tip »B«

Instalacije: topla i hladna voda, kanalizacija, centralno grijanje, elektrika, zajednička RTV antena i gromobran.

Oprema: Kuhinja: dvodjelni sudoper. Kupaonica: ugrađena kada 66,6% normalne duljine, 33,3% kratka kada, umivaonik. WC: školjka 33,3% u kupaonici, 66,6% stanova ima odvojen WC.

Odnosi cijena koštanja stanova su ovi:

a) Po m^2 neto površine stana: tip »A« jeftiniji je od tipa »B« za 11%.
b) U ukupnoj cijeni koštanja stanova $2^1/_2$-sobni stan 65,28 m^2 tipa »A« jeftiniji je od dvosobnog stana tipa »B« 63,59 m^2 za 6,3%. $3^1/_2$-sobni stan površine 78,26 m^2 tipa »A« je svega 11% skuplji od dvosobnog stana tipa »B« 63,59 m^2.



Sl. 4: Perspektiva četverokatnog niza

c) U tipu »A« odnos građevinskih prema završnim radovima je 44% : 56%. U tipu »B« odnos građevinskih prema završnim radovima je 57% : 43%.

Iz ovog odnosa je vidljivo da se tip »A« više približio evropskom načinu građenja, gdje prevladavaju završni radovi, od tipa »B«. Završni radovi su danas pretežno industrijski proizvedeni elementi koji se na gradnji samo ugrađuju.

O projektiranju

Suvremeno projektiranje je studiozan rad, a ne rutinski kao kod tradicionalnog načina građenja, gdje su svi elementi i detalji bili vrlo dobro poznati. Za suvremeno projektiranje stambenih zgrada, bez obzira gdje se radi takav projekat, da li u projektnoj organizaciji u sastavu građevnog poduzeća ili u samostalnoj projektnoj organizaciji, projektant — pojedinac ili grupa mora osim znanja iz projektiranja imati i znanja ili iskustva iz tehnologije građenja, i uvijek imati na umu gradilište. Bez suradnje arhitekta, konstruktora, operativa, kalkulanta, projektanta instalacija i svih onih koji utiču na izvedbi objekta, nema suvremenih rješenja projektnih zadataka.

Projektni biroi u sastavu građevnih poduzeća lakše će ovu suradnju ostvariti svakodnevnim kontaktom sa operativom negoli samostalne projektne organizacije povremenim sastancima s pojedinim kooperantima. Tim više što samostalne projektne organizacije rijetko kad znaju tko će biti izvođač projektiranog objekta i s kakvom opremom i kadrovima raspolaže. Događa se da treba gotov projekt prilagoditi izvedbi. U tom slučaju je za svaki pokušaj racionalizacije obično prekasno. Cijene, mehanizacija, kadrovi, instalacije treba da su projektantu poznati već prije pristupanja projektiranju.

Redoslijed projektiranja kod racionalnog sistema građenja se također razlikuje od projektiranja za tradicionalni način građenja. Kod racionalnog građenja se u projektiranju polazi od rješavanja detalja pojedinih elemenata do sastavljanja elemenata u cjelinu, koja čini građevinu. Ovakav način rada s ranije spomenutim analizama je i doveo do rezultata da su objekti tipa »A« i kvalitetniji i jeftiniji od objekata tipa »B«. Očekuje se da će i izvedba objekata pokazati opravdanost izabranog sistema građenja, materijala i tehnologije, u pogledu kvalitete, brzine građenja i cijene koštanja.

IZVEDBA MONTAŽNOG KROVIŠTA NA GRADNJI VINARIJE »VINOPRODUKTA« U ZAGREBU

Inž. arh. Hrvoje Davidovski, GP »Tehnika« — Zagreb

Gradnja vinarije »Vinoprodukta« započela je u prosincu 1966. godine; dosad su uglavnom završeni građevinski radovi I i II etape, a u toku su pripreme za početak radova na trećoj etapi. Glavni projektant je arh. Stanko Fabris, projektant tehnološkog dijela ing. Vanja Žanko, a statičari su ing. Juraj Molčanov i ing. Ivan Cvetko; radove izvodi građevno poduzeće »Tehnika« iz Zagreba.

Građevina je smještena sjeverno od puta Zagreb—Beograd, paralelno s tramvajskom prugom, između Tvornice ulja i »Prvomajske«. Glavna pogonska zgrada je četverokut vel. 147,30/130,50 m; u središtu četverokuta predviđa se izgradnja 12 cisterni za vino promjera 10 metara, a visine preko 20 m. Ostatak čine proizvodne hale i skladišta u 2 etaže, te prostori za kamionski i željeznički promet između hala.

Konstrukcija u halama je armirano-betonski skelet. Stupovi 50/50 cm, na osovinskoj udaljenosti od 8,60 m, povezani su u oba smjera gredama presjeka 50/70 cm; stropna konstrukcija je križno-armirana puna ploča debljine 23 cm, odnosno krovna ploča debljine 18 cm. Sav beton ostaje vidljiv, bez žbukanja.

Vanjski zidovi zgrade izvedeni su od fugirane obične opeke, a postavljeni koso prema osi objekta; na taj način ostaju uski vertiklani prorezi za osvjetljenje, okrenuti prema sjeveru radi sprječavanja direktnog upada sunčanih zraka.

Nad prostorom za željeznički i kamionski promet projektant je predvidio osvjetljenje pomoću krovnih nadsvjetla u formi piramida; ostakljene plohe oblika trokuta također gledaju na sjever. Svijetli raspon krovišta je 17,20 m. Konstrukcija se sastoji od armirano-betonskih poprečnih okvirnih greda presjeka 50/120 cm na međusobnom razmaku od 8,60 m, i uzdužnih greda 50/60 cm koje dijele krov na kvadratična polja veličine 8,10/8,10 m; četiri podvlake u svakom polju, postavljene pod kutem od 45° prema glavnim gredama, sačinjavaju okvir na kojem stoje četverostrane piramide sa stranicama raznih nagiba (ustakljena ploha je vertikalna, dvije bočne stranice nagnute pod kutem od 45° prema vertikali, a ploha nasuprot prozoru u nagibu 1 : 2). Stranice piramide su armirano-betonske pune ploče debljine 12 cm. Projektom se predviđala monolitna izvedba betonom marke 300 u glatkoj oplati.

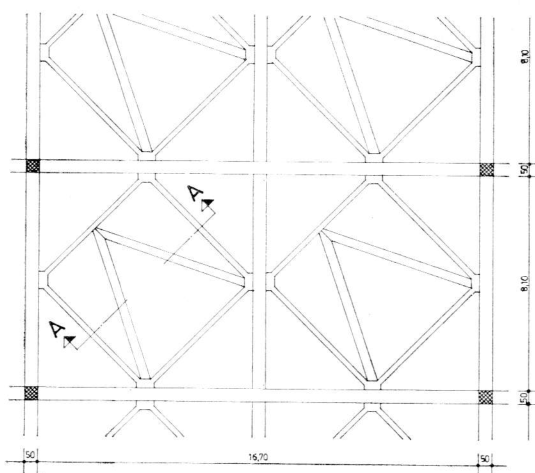
To arhitektonski vrlo atraktivno krovište predstavljalo je donekle problem u pogledu izvođenja, ne toliko tehničke koliko ekonomske prirode; visina podupiranja iznosila bi 10,50 do 14,00 m, a trokutne plohe zahtijevaju rezanje standardnih ele-

menata oplate tako da se ne bi mogle ponovno upotrijebiti. Kod skupe furnirane oplate, koja se može koristiti i nekoliko desetaka puta, rezanje bi značilo nedopustivo rasipanje. Osim toga, ploče u nagibu zahtijevaju obostranu oplatu (u protivnom se beton ne može vibrirati što kod marke 300 i vidljive površine betona ne dolazi u obzir). Samo u prvoj etapi trebalo je na taj način presvoditi prostor dužine 147,30 m, a širine 17,20 m; uz prosječnu visinu podupiranja od 11 metara dobiva se zračni prostor od skoro 28.000 m³. Lako je izračunati koliko bi cijevne skele trebalo za podupiranje na tako velikom prostoru.

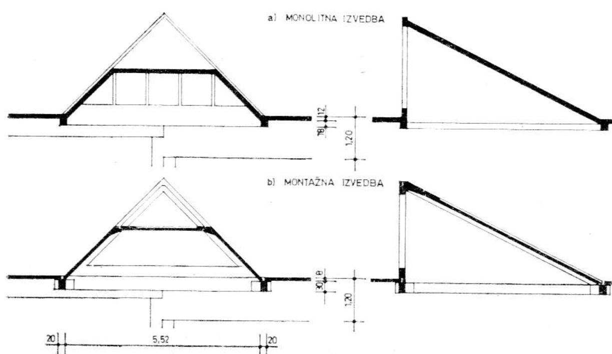
Zbog svega navedenog poduzeće se odlučilo za montažnu izvedbu. Samo po sebi montažno krovište takvog raspona ne predstavlja izuzetni tehnički problem; međutim, u konkretnom slučaju se radilo o konstrukciji koja svojim oblikom odudara od uobičajenih rješenja. Drugim riječima, trebalo je pronaći najrentabilniji način izvođenja, ne mijenjajući arhitektonske karakteristike građevine.

Nakon dogovora s projektantom i statičarom, u birou poduzeća napravljen je novi, donekle izmijenjen statički račun krovišta, te nacrti oplate i

TLOCRT KROVIŠTA (POGLED ODOZDO)



PRESJEK A-A



Sl. 1

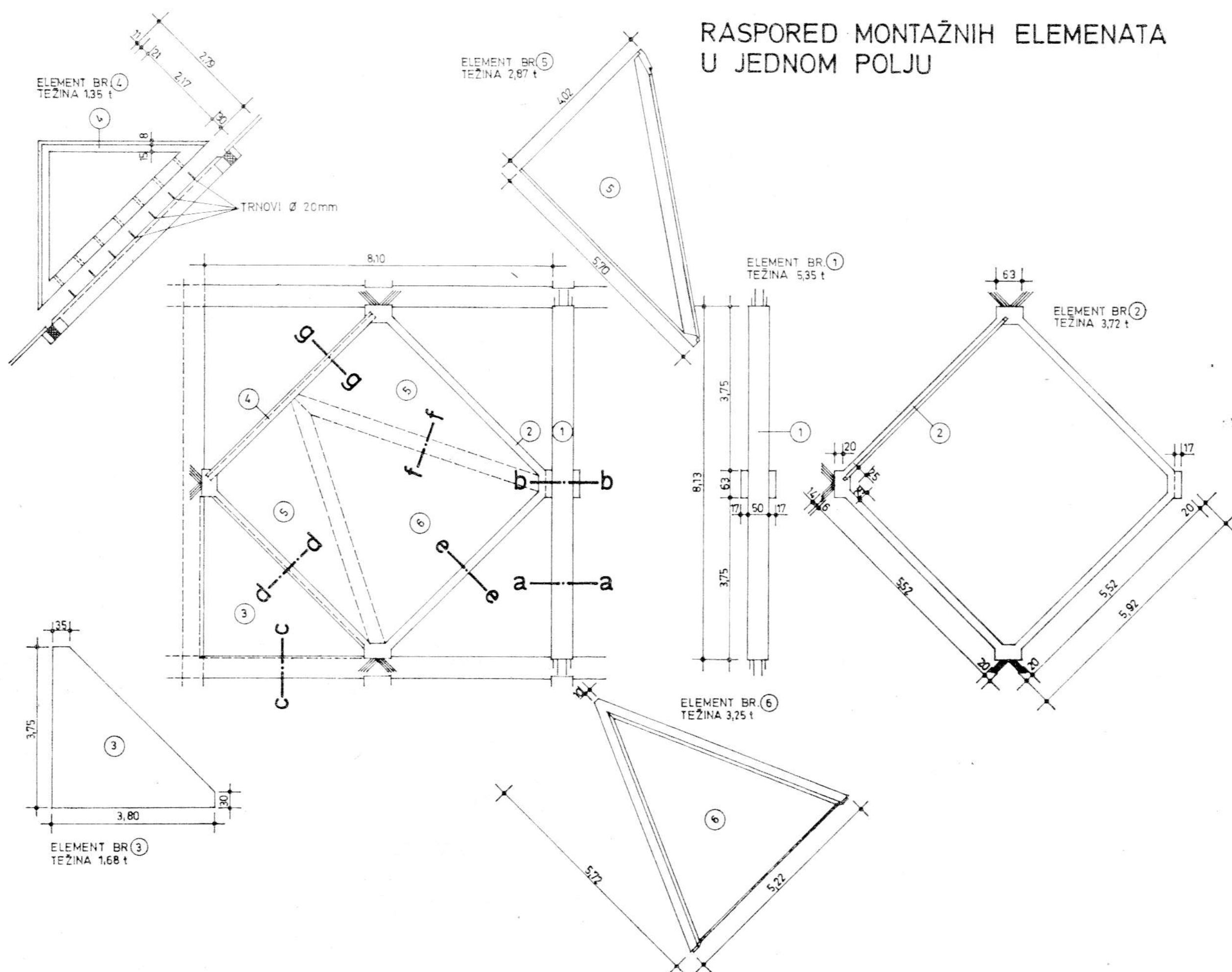
armature. Debljina ploče, a time i težina konstrukcije, smanjena je od 12 na 8 cm. Na taj način je utrošak željeza ostao približno jednak kao kod monolitne izvedbe (povećana armatura uzdužnih greda, zatim montažna armatura, kuke za dizanje i slično kompenzirala se uštedom na armaturi ploča).

Zgrada I etape široka je 52,10 m, a dugačka 147,30 m; sredinu sačinjava spomenuti prostor za željeznički i kamionski promet. Pruga za toranjsku dizalicu (G 45 HV JU, proizvod »Metalne« iz Maribora — licenca krana Jules Weitz, s dohvatom ruke 30 m) postavljena je sredinom objekta. Na taj način se čitava zgrada našla unutar radijusa dizalice. Najprije su izvođene bočne »lađe« objekta; montaža krovišta nad centralnim dijelom počela je nakon završetka betoniranja na ostalom dijelu zgrade. Radi težine elemenata montirane su dvije mačke na dizalicu, tako da je nosivost povećana na 6 tona.

Kod velikih poprečnih greda montaža nije dolazila u obzir, dijelom zbog velike težine a dijelom zbog statičke koncepcije objekta. Za te grede se izvodila klasična oplata, i nakon polaganja armature montirala bi se uzdužna greda težine nešto preko 6 tona (elemenat br. 1 — u drugoj etapi težina je smanjena na 5,35 t) jednostavnim polaganjem u otvore u oplati; povezivanje je postignuto prehvaćanjem armature. Okviri, tj. nosači piramida (elemenat br. 2 — 3,72 t), također bi se polagali na oplatu monolitnih greda, odnosno na konzole montažnih greda; na tako nastali kostur podigle bi se ravne ploče (elemenat br. 3 — 1,68 t) čime je dobivena platforma za nesmetano montiranje piramida.

Vertikalni okvir br. 4 (težina 1,35 t) postavljao se tako, da trnovi, koji vire iz okvira br. 2, uđu u rupe u zatezi okvira. Na taj način elemenat je stajao uspravno, ali ga se, zbog opasnosti od eventualnog prevrtanja, podupiralo jednom cijevi i vezalo užetom za armaturu grede. To je jedini elemenat koji je trebalo posebno učvršćivati za vrijeme montaže. Čitav posao, zajedno s navođenjem na trnove, trajao je oko pola sata. Za montažu ostalih elemenata trebalo je znatno manje vremena — montaža se sastojala od zakačivanja užadi, dizanja, spuštanja na određeno mjesto i eventualnog korigiranja položaja. Ostali pomoćni radovi: nanošenje cementnog morta na ležaj elementa, i po potrebi razmicanja armature (kod greda i okvira, gdje se armatura preklapa, pa se poneka šipka mora pomaknuti, da bi se omogućilo postavljanje elementa u određeni položaj).

Nakon okvira br. 4 montirala se ploča br. 5 (težine 2,87 t); ojačani dio ploče djeluje kao greda, naslonjena na vrh okvira br. 4 s jedne strane, a na okvir br. 2 s druge. Na taj način i ploča br. 5 stoji stabilno bez ikakvog fiksiranja ili podupiranja. Dvije takve ploče (elementi 5a i 5b su međusobne zrcalne slike) čine ležaj za ploču br. 6 (3,25t); ona kao poklopac zatvara piramidu.



Sl. 2

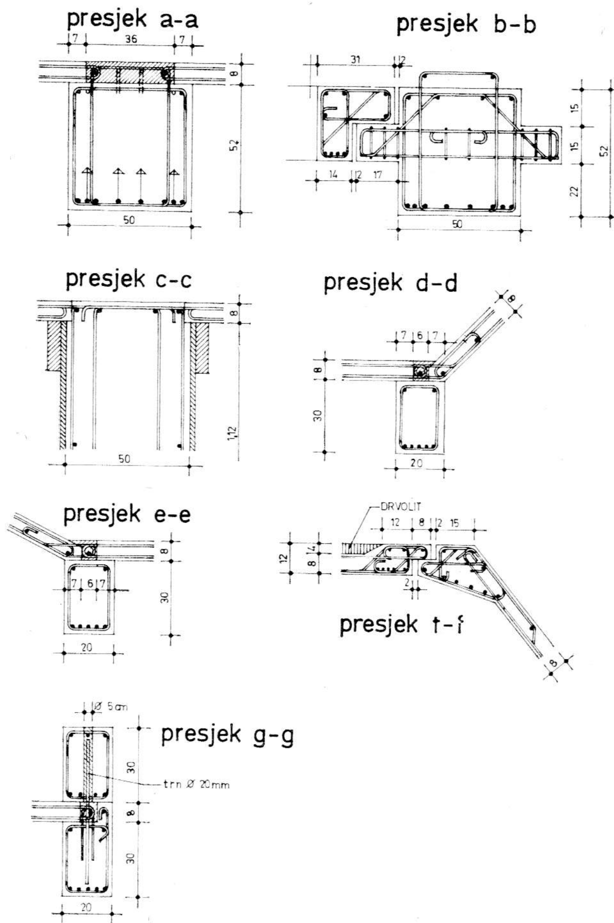
Tako postavljeni elementi stoje, ali su međusobno nepovezani i neosigurani na horizontalne udare; povezivanje dvaju elemenata izvođeno je u načelu tako, da se kroz kuke, koje vire iz oba elementa, provuče ravna šipka, a cio spoj se naknadno zalije betonom. Izuzetak čine spojevi gdje gornji elemenat leži na donjem: tu se pomicanje sprječavalo trnovima (gornji elemenat ima rupu skroz, da bi se prostor oko trna mogao zaliti cementnim mortom).

Povezivanje montažnih dijelova s monolitnim obavljalo se tako, da je montažni elemenat postavljen na oplatu, prije betoniranja poprečnih greda; armatura koja viri iz montažnog elementa dolazi u oplatu i prehvaća se s armaturom monolitne konstrukcije, jednako kao kod izvedbe na licu mjesta. Nakon toga se izbetonira monolitni dio i veza je postignuta.

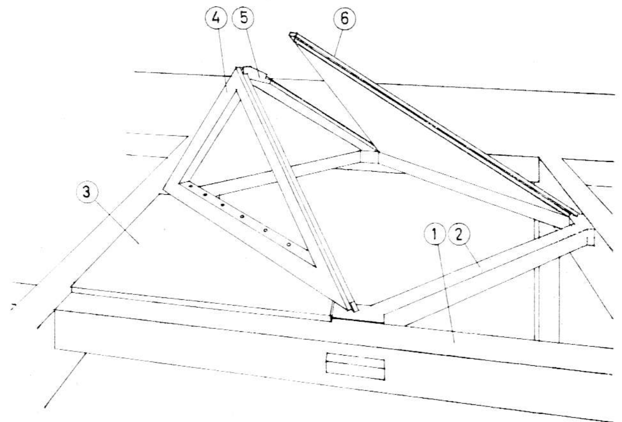
Za montažu dva polja (ukupno 1 greda, 2 okvira, 8 ravnih ploča, 2 vertikalna okvira, 4 kose ploče i 2 »poklopca« — sve zajedno 46,91 t) prosječno je trebalo 5—6 tesara kroz 8 sati; s vremenom se brigada toliko uvježbala, da su zadnja dva polja na II etapi montirala 4 čovjeka za svega 4 sata.

Kod ovog načina rada može se napredovati samo polje po polje (jer bi slijedeće polje bilo izvan dohvata ruke krana). U I etapi radilo se u smjenama neprekidno kroz 24 sata po ovom rasporedu: od 6 h—14 h montaža zatim podizanje oplate poprečne grede idućeg polja do narednog dana popodne; nakon toga se postavlja armatura monolitne grede. Na taj način jedan radni ciklus od dva polja traje dva dana, i to se može smatrati krajnjom granicom. Bez noćnog rada potrebna su najmanje tri dana.

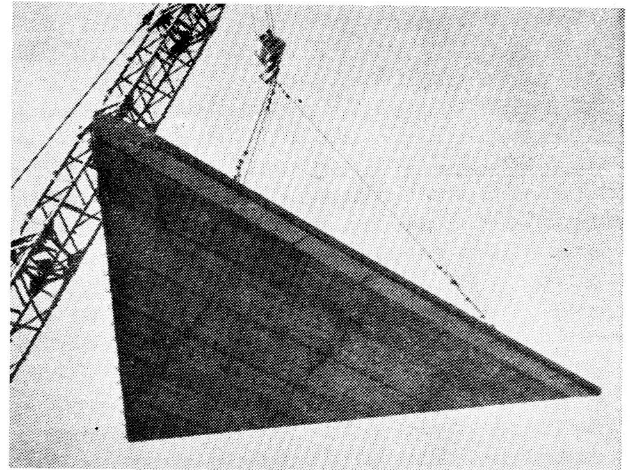
Manji dio objekta izveden je tako da su najprije betonirane poprečne grede (s time da se ostave otvori za uzdužne grede i okvire) a montaža se naknadno obavljala autokranom. Na taj način bi se rad mogao brže odvijati, ali je konstrukcija nepodesna za autokran (FIORENTINI) zbog velike visine i širine polja. Trebalo je raditi rukom dužine 21 m, koja je još uvijek bila nešto prekratka, pa



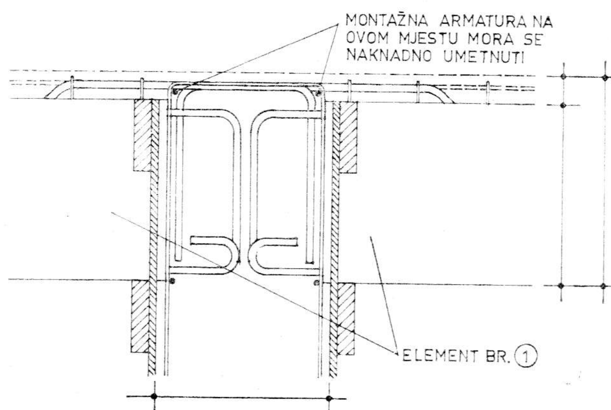
Sl. 3



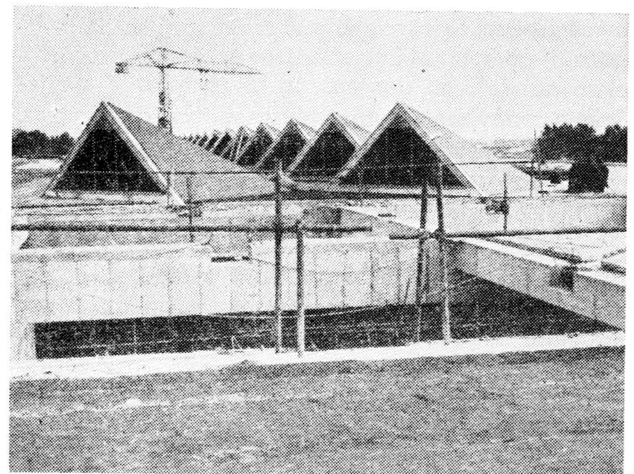
Sl. 5



Sl. 6: Dizanje ploča autokranom



Sl. 4



Sl. 7: Pogled na gotovo krovište — odozgo

je montiranje teklo sporo i teško. Zbog toga, a i zbog visoke cijene rada autokrana po satu, postepeno montiranje pomoću toranjske dizalice pokazalo se kao daleko rentabilnije i jednostavnije.

Svi montažni elementi betonirani su na samom gradilištu, na dohvat krana, na ravnom podu od »Blažuj« odnosno »Bosanka« ploča; izuzetak čini relativno komplicirana ploča br. 5 za koju je izrađen poseban skošeni pod.



Sl. 8: Pogled na gotovo krovište — odozdo

Kako se radilo u ljetnom periodu, nisu primjenjivane nikakve mjere za brže otvrdnjavanje betona; nakon 3—4 dana elementi su se mogli dizati iz kalupa i montirati. Upotrebljavan je cement PC-350 (Podsused) i prirodna granulacija šljunka (Vel. Gorica).

Ako se zbroje sve prednosti montažne izvedbe u ovom slučaju, može se zaključiti ovo:

— količina cijevne skele za podupiranje smanjena je na manje od 25% količine potrebne za monolitnu izvedbu
— u potpunosti se izbjeglo rezanje elemenata oplate
— izbjegnuta je obostrana oplata kosih ploča
— djelomično je olakšano betoniranje: umjesto betoniranja kosih ploča na krovu, betonirane su na zemlji u horizontalnom položaju
— ubrzan je proces građenja
— troškovi izvedbe manji su za cca 20%.

Za ovako povoljnu bilancu primjene montaže mogu se, prema mišljenju izvođača, navesti dva osnovna razloga: velika visina podupiranja i uslijed toga značajna ušteda cijevne skele, te razmjerno veliki elementi (maksimalne težine u odnosu na raspoloživu mehanizaciju) koji omogućuju brzu i jednostavnu montažu jednog relativno složenog krovišta.

Napomena:

Sadržaj ovog broja časopisa napisali su stručnjaci iz građevnog poduzeća »Tehnika« — Zagreb u povodu 20-godišnjice osnutka poduzeća. Redakcija će u ovakvim prilikama izlaziti u susret građevnim poduzećima, imajući u vidu da na taj način evidentira i spašava od zaborava mnoga dostignuća i probleme našeg građevinarstva, jer je skoro običaj da se iz operative i prakse veoma malo piše.

Redakcija

OBAVIJESTI

MIŠLJENJA I PRIJEDLOZI

NEKROLOZI

BIBLIOGRAFIJA

NATJEČAJ

Tisak »VJESNIK«, Zagreb

